

Verhaltens- und Leistungsmerkmale rohfaserreich gefütterter Mastschweine

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum agriculturalarum

(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin

von
Diplom-Biologin Konstanze E. Kallabis

Präsident
der Humboldt-Universität zu Berlin:
Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz

Dekan
der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:
Prof. Dr. Dr. h. c. Frank Ellmer

Gutachter/in: 1. Prof. Dr. Dr. h.c. Otto Kaufmann
2. Prof. Dr. rer. nat. habil. Birger Puppe
3. Dr. Manfred Weber

Datum der Einreichung: 28.11.2012

Datum der mündlichen Prüfung: 26.04.2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Anhangsverzeichnis	XI

1 Einleitung..... 1

2 Literaturübersicht..... 3

2.1 Tiergerechtheit von Haltungssystemen	3
2.2 Ausgewählte Aspekte zum Verhalten von Schweinen	7
2.2.1 Futteraufnahmeverhalten	9
2.2.2 Ruheverhalten	15
2.2.3 Erkundungsverhalten	18
2.2.4 Agonistisches Verhalten	21
2.2.5 Verhaltensanomalien.....	22
2.3 Rohfaser	27
2.3.1 Definition und Analytik	27
2.3.2 Verdauungsphysiologische Aspekte	28
2.3.3 Effektive Konzentration und Herkunft in der Schweinefütterung	31
2.3.4 Herstellerangaben zum verwendeten Produkt	32
2.3.5 Einfluss auf das Verhalten von Schweinen.....	33
2.3.6 Einfluss auf die Leistung von Schweinen.....	38
2.3.7 Einfluss auf die Gesundheit von Schweinen.....	39
2.4 Kategorisierung von Verhaltenselementen	41

3 Material und Methode..... 43

3.1 Versuchsdurchführung	43
3.1.1 Versuchstiere.....	43
3.1.2 Futter	44
3.1.3 Versuchszeitraum.....	46
3.1.4 Haltung.....	46
3.1.5 Schlachtung.....	48
3.2 Datenaufnahme.....	49
3.2.1 Sensorgestützte Datenaufnahme	49
3.2.2 Videogestützte Datenaufnahme	53

3.2.3	Pendelspielzeug.....	54
3.2.4	Wägung.....	55
3.2.5	Schlachtkörperqualität	55
3.2.6	Umgebungstemperatur	55
3.3	Datenverarbeitung	57
3.3.1	Sensorgestützte Daten.....	57
3.3.1.1	Daten der Futterautomaten	57
3.3.1.2	Daten der Durchgangstore	59
3.3.1.3	Gewichtsklassen	61
3.3.2	Videobasierte Daten.....	62
3.3.2.1	Aktivität und Ruhe.....	64
3.3.2.2	Beschäftigung	65
3.3.3	Leistungsdaten	65
3.3.3.1	Lebendgewicht und Futteraufwand	65
3.3.3.2	Schlachtkörper	66
3.3.4	Statistische Auswertung.....	66
3.3.5	Grafische Darstellung	68
3.3.6	Software	68
4	Ergebnisse.....	69
4.1	Fressverhalten.....	69
4.1.1	Mahlzeitenzahl	70
4.1.2	Fressdauer und Fressrate.....	72
4.1.3	Futteraufnahme	76
4.2	Aktivitäts- und Erkundungsverhalten.....	81
4.2.1	Aktivitäts- und Ruhedauer	81
4.2.2	Erkundung im Innenbereich.....	86
4.2.3	Aktivität im Außenbereich.....	88
4.2.4	Beschäftigung im Außenbereich.....	91
4.2.5	Beschäftigung mit Pendelspielzeug	94
4.3	Leistung.....	99
4.3.1	Tageszunahmen und Futteraufwand	99
4.3.2	Schlachtkörper	103
5	Diskussion	107
5.1	Beurteilung des Fressverhaltens.....	107
5.2	Beurteilung des Ruhe- und Erkundungsverhaltens	115
5.3	Beurteilung der Leistung.....	125

6	Schlussfolgerung	129
7	Zusammenfassung.....	131
8	Abstract.....	133
9	Literaturverzeichnis	135
10	Anhang	151

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
§	Paragraph
&	und
>	größer als
<	kleiner als
° C	Grad Celsius
α	Alpha
β	Beta
ADF	Säure-Detergenz-Faser
ADL	Säure-Detergenz-Lignin
ALT	Aktivität, Liegezeit, Temperatur
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d. h.	das heißt
EG	Europäische Gemeinschaft
et al.	et alii (und andere)
etc.	et cetera (und so weiter)
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FA	Futterautomat
g	Gramm
g/ min	Gramm pro Minute
GK	Gewichtsklasse
h	Stunde
ha	Hektar
HF	high fibre (hoher Rohfaseranteil)
HPC	Hydroxypropylcellulose
inkl.	inklusive
IVOG	individual feed intake recording in group housing
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JRS	J. Rettenmaier und Söhne
kg	Kilogramm
L.	Linné
LMZ	Lebendmassezunahme
Log	natürlicher Logarithmus
m ²	Quadratmeter
min	Minute
MF	medium fibre (mittlerer Rohfaseranteil)
MJ ME	Megajoule umsetzbare Energie
MZ	Mahlzeit
MZK	Mahlzeitenkriterium
n	Stichprobengröße
NDF	Neutral-Detergenz-Faser
Nr.	Nummer
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
REM	rapid eye movement
RFID	radio frequency identification
RK	Ruhekriterium
t	Tonne
TierSchNutzV	Tierschutznutztierverordnung
TNF α	Tumornekrosefaktor Alpha
TS	Trockensubstanz
u. a.	unter anderem
z. B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Versuchsanlage	47
Abbildung 2: Ohrresponder (blau) und Ohrmarke (rot) am Tier sowie Platine in der Erkennungsstelle.	49
Abbildung 3: Schwein im Futterautomaten.	51
Abbildung 4: Durchgangstore zur Hütte	52
Abbildung 5: Tränke.	52
Abbildung 6: Beispiele für tierindividuelle Farbmarkierung	53
Abbildung 7: Pendelspielzeug mit Pedometer, Schweine am Pendel.....	54
Abbildung 8: Balkenwaage zur Erfassung des Lebendgewichts.	55
Abbildung 9: Berechnung des Mahlzeitenkriteriums	58
Abbildung 10: Berechnung des Ruhekriteriums	60
Abbildung 11: Aufbau eines Box-Whisker-Plots	68
Abbildung 12: Anzahl der Mahlzeiten der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.	71
Abbildung 13: Fressdauer pro Mahlzeit und pro Tag der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.....	72
Abbildung 14: Fressrate der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.	75
Abbildung 15: Futteraufnahme pro Mahlzeit und pro Tag der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.....	76
Abbildung 16: Aktivitäts- und Ruhedauer. Anteil der aktiven und passiven Zeit am Beobachtungszeitraum im MF-Versuch und im HF-Versuch	82
Abbildung 17: Ruhedauer im Innen- und Außenbereich	83
Abbildung 18: Anteil der Erkundungsbesuche am Aufenthalt im Innenbereich.....	87
Abbildung 19: Anzahl der Erkennungsereignisse der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.	89
Abbildung 20: Anzahl der Erkennungsereignisse je Gewichtsklasse der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.	90
Abbildung 21: Anteil ausgesuchter Verhaltensweisen an der Gesamtbeobachtungszeit in %.	92

Abbildung 22: Anzahl der Pendelbewegungen pro Tag in der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe des HF-Versuchs für zwei Mal acht Versuchstage.....	95
Abbildung 23: Verteilung der Pendelbewegungen im Tagesverlauf.	96
Abbildung 24: Entwicklung der Lebendgewichte.	99
Abbildung 25: Tägliche Lebendmassezunahme der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.....	100
Abbildung 26: Futteraufwand der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.....	102
Abbildung 27: Schlachtkörpergewicht.	104
Abbildung 28: Muskelfleischanteil der Schlachtkörper.	105
Abbildung 29: Zusammenhang zwischen der Futterstruktur und der Fressmotivation...	113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tierverluste.	44
Tabelle 2: Inhaltsstoffe und Nährstoffe des Versuchsfutters und des Kontrollfutters.	45
Tabelle 3: Schlachtungen.	48
Tabelle 4: Nummern der Erkennungsstellen.	50
Tabelle 5: Beispiel einer Rohdatenliste (Auszug).	50
Tabelle 6: Stichprobenumfang und mittleres Gewicht je Gewichtsklasse.	62
Tabelle 7: Beobachtete Verhaltensweisen bei der Videoauswertung.	63
Tabelle 8: Dauer der Analyse pro Film.	64
Tabelle 9: Einteilung der Handelsklassen.	66
Tabelle 10: Irrtumswahrscheinlichkeiten.	67
Tabelle 11: Länge der Mahlzeitenkriterien (MZK) der vier Tiergruppen.	70
Tabelle 12: Futter-, Energie- und Rohfaseraufnahme der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.	79
Tabelle 13: Länge der Ruhekriterien der vier Tiergruppen.	86
Tabelle 14: Handelsklassen. Anzahl der Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch pro Handelsklasse.	106

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Statistische Kennwerte der Mahlzeitenanzahl.....	151
Anhang 2: Statistische Kennwerte der Fressdauer pro Mahlzeit in Minuten	151
Anhang 3: Statistische Kennwerte der Fressdauer pro Tag in Minuten	152
Anhang 4: Statistische Kennwerte der Fressrate in g/ min	152
Anhang 5: Statistische Kennwerte der Futteraufnahme pro Mahlzeit in g.....	153
Anhang 6: Statistische Kennwerte der Futteraufnahme pro Tag in g.....	153
Anhang 7: Statistische Kennwerte der täglichen Energieaufnahme in MJ ME.....	154
Anhang 8: Statistische Kennwerte der täglichen Rohfaseraufnahme in g	154
Anhang 9: Anteil der aktiven Zeit am Beobachtungszeitraum in %.....	155
Anhang 10: Anteil der passiven Zeit am Beobachtungszeitraum in %.....	155
Anhang 11: Anteil der Ruhe im Innenbereich am Beobachtungszeitraum in %	156
Anhang 12: Anteil der Ruhe im Außenbereich am Beobachtungszeitraum in %	156
Anhang 13: Statistische Kennwerte des Erkundungsanteils am Aufenthalt im Innenbereich in %	157
Anhang 14: Statistische Kennwerte der täglichen Erkennungsereignisse im gesamten Versuchszeitraum	157
Anhang 15: Statistische Kennwerte der täglichen Erkennungsereignisse nach Gewichtsklasse.....	158
Anhang 16: Statistische Kennwerte des Anteils von „Erkundung“ an der beobachteten Zeit in %	158
Anhang 17: Statistische Kennwerte des Anteils von „Bekauen von Artgenossen“ an der beobachteten Zeit in %.....	158
Anhang 18: Statistische Kennwerte des Anteils von „Bedrängen von Artgenossen am FA“ an der beobachteten Zeit in %.....	159
Anhang 19: Statistische Kennwerte des Anteils von „Kampf“ an der beobachteten Zeit in %.....	159
Anhang 20: Statistische Kennwerte der täglichen Anzahl an Pendelbewegungen.....	159
Anhang 21: Statistische Kennwerte des Lebendgewichts in kg.	160
Anhang 22: Statistische Kennwerte der täglichen Lebendmassezunahme in g	161

Anhang 23: Statistische Kennwerte des Futteraufwands (inkl. Lignocellulose) in kg Futter/ kg LMZ.	162
Anhang 24: Statistische Kennwerte des Futteraufwands (ohne Lignocellulose) in kg Futter/ kg LMZ.	162
Anhang 25: Futteraufwand (ohne Lignocelluloseanteil) der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.....	163
Anhang 26: Statistische Kennwerte von Schlachtkörpergewicht, Muskelfleischanteil und Schlachtkörpererlös.	163
Anhang 27: Tagesmittel der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte am Standort Dahlem.....	164

1 Einleitung

Kaum ein Tier ruft beim Menschen so unterschiedliche Reaktionen hervor wie das Schwein. Die Verwendungsmöglichkeiten im alltäglichen Bereich reichen vom Glücksbringer bis zum Schimpfwort. Und es ist eines der beliebtesten Nahrungsmittel: Im Jahr 2010 wurden in Deutschland 58 Millionen Schweine geschlachtet. Jährlich werden rund 4,5 Millionen t Schweinefleisch konsumiert, was einem Pro-Kopf-Verbrauch von 54 kg entspricht. Damit liegt der Schweinefleischverbrauch deutlich über dem durchschnittlichen Verbrauch von Rindfleisch (13 kg) und Geflügel (19 kg).

In den letzten Jahrzehnten ging der Trend in der deutschen Schweinefleischproduktion in Richtung eines möglichst preiswerten Produktes, das vor allem auf Kosten der Tiergerechtigkeit produziert wurde. Obwohl Umfragen zufolge die Mehrheit der Verbraucher die sogenannte „Massentierhaltung“ ablehnt, ist die konventionelle Schweinehaltung in Deutschland zurzeit die vorherrschende Haltungsform. Mehr als 99 % des Schweinefleisches werden konventionell produziert. In den letzten Jahren zeigte sich zunehmend ein Trend zu aufgeklärten oder interessierten Verbrauchern, die die Produktionsmechanismen ihrer Lebensmittel nachvollziehen und sowohl gesunde als auch moralisch vertretbare Produkte konsumieren wollen. Die Kennzeichnung von tiergerecht produzierten Lebensmitteln erfolgt beispielsweise ab 2013 durch das Label „Für mehr Tierschutz“ des Deutschen Tierschutzbundes. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz spricht sich für die Einführung einer nationalen Tierschutzkennzeichnung aus. Die Sinnhaftigkeit der Forderungen der Verbraucher ist jedoch in starkem Maße abhängig von der Aufklärung und Information unter anderem durch die Medien. Gerade die Einstellung zur Tierhaltung ist dabei häufig von emotionalen und anthropomorphen Aspekten geprägt. Eine wissenschaftlich fundierte Feststellung der art eigenen Bedürfnisse von Nutztieren ist daher unumgänglich, um Haltungsformen zu entwickeln, die jenseits jeglicher Vermenschlichung eine moralisch und ethisch vertretbare Produktion tierischer Lebensmittel ermöglicht.

Gerade das Schwein ist dabei in seinem natürlichen Verhalten bereits gut erforscht. Die typischen art eigenen Verhaltensweisen wie Wühlen, Suhlen und das Leben in Sozialverbänden können sowohl an Wildschweinen als auch an naturnah gehaltenen Hausschweinen gut beobachtet werden. Sie führen nicht selten zu massiven Schäden durch Wildschweine, wenn die Tiere in vom Menschen besiedeltes Gebiet vordringen.

Nichtsdestotrotz hat sich über die Jahre in Europa eine Form der konventionellen Schweinehaltung entwickelt, die den Ansprüchen der Schweine vollkommen entgegensteht. Darin werden Schweine in einer weitestgehend reizarmen Umgebung gehalten. Die Bewegung und Erkundung, die Schweine natürlicherweise im Rahmen der täglichen Futtersuche ausführen, ist in modernen Haltungssystemen nur stark eingeschränkt möglich. In strohlosen Haltungssystemen ist auch die Manipulation des Untergrunds unmöglich. Dem Bedürfnis nach Beschäftigung wird so nicht ausreichend Rechnung getragen. Nicht zuletzt widerspricht auch die Fütterung vor allem während der Mast den natürlichen Ansprüchen des Schweins. Diese ist auf eine maximale Mastleistung ausgerichtet. Die Bedürfnisse der Tiere nach Sättigung und Magenfüllung und zeitintensiver Beschäftigungsmöglichkeit durch die Fütterung werden kaum erfüllt. Neben Reizverarmung und Stress gilt dies als Hauptauslöser der Verhaltensstörungen, die bei Mastschweinen stark verbreitet sind. Dazu zählt vor allem das Bekauen von Gegenständen und Artgenossen. Nicht nur zur Verbesserung des Tierwohls und aus moralischen Ansprüchen ist das Auftreten von Verhaltensstörungen zu verhindern, es hat auch einen negativen Einfluss auf die Leistung der Tiere. Somit werden die Bemühungen, eine ökonomisch optimale Mastleistung zu erreichen, die die Verhaltensprobleme teilweise erst hervorrufen, wieder untergraben.

In der vorliegenden Arbeit wird betrachtet, wie durch den Einsatz einer zusätzlichen Futterkomponente die Tiergerechtheit in der Schweinehaltung verbessert werden kann, ohne das bestehende System der konventionellen Schweinemast grundlegend zu verändern. Aus Gründen des Tierwohls wäre eine weiterreichende Änderung der Haltungsbedingungen hin zur naturnahen Haltung sicher wünschenswert. Wegen der mangelnden Flexibilität des Systems und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Schweinemast und der Forderung nach preiswert produzierten Lebensmitteln erscheint dies jedoch nicht realistisch. Die hier gewonnenen Erkenntnisse können die Grundlage dafür liefern, das Tierwohl in der konventionellen Haltung weiter zu verbessern, und so einen Großteil des Schweinebestands erreichen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird daher untersucht, ob der Einsatz eines lignocellulosehaltigen Futterzusatzes die Sättigung von Mastschweinen so beeinflusst, dass sich Veränderungen im Verhalten der Tiere ergeben. Dazu werden das Futteraufnahmeverhalten, das Ruheverhalten und das Erkundungs- und Beschäftigungsverhalten der Tiere analysiert. Zudem wird die Mastleistung der Schweine unter Einfluss des Futterzusatzes betrachtet.

2 Literaturübersicht

2.1 Tiergerechtheit von Haltungssystemen

Die tiergerechte Haltung von Nutztieren sollte sowohl aus rechtlichen als auch aus ethischen Gründen stets gewährleistet sein. Nach § 2 des Tierschutzgesetzes der Bundesrepublik Deutschland ist bei der Haltung von Tieren sicherzustellen, dass jedes Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernährt, gepflegt und verhaltensgerecht untergebracht wird. Ein umfangreiches Wissen über die arttypischen Bedürfnisse der jeweiligen Spezies ist für die Einschätzung der Tiergerechtheit eines Haltungssystems nötig.

Das Bewusstsein für Tiergerechtheit und Tierwohl entwickelte sich seit Mitte der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts. Durch fortwährende Forschung in diesem Bereich hat sich die Tierhaltung stetig verbessert, und das allgemeine Verständnis für die Bedürfnisse, Gesundheit und Funktion der Nutztiere wurde geschärft. Unter Nutztierhaltern und Tierärzten setzt sich die Forderung nach einer verbesserten Tiergerechtheit mehr und mehr durch (Fraser, 2008). Die Forschungsergebnisse zur Verbesserung der Nutztierhaltung fanden teilweise Eingang in die Gesetzgebung (Broom, 2008). Auch die Verbraucher tierischer Lebensmittel sind in den letzten Jahren zunehmend kritisch gegenüber modernen Haltungsformen geworden und fordern eine tiergerechte Nutztierhaltung (Bartussek, 2001; Broom, 2003). Das wachsende öffentliche Interesse führt nicht nur zu einer Verbesserung der Haltungsumstände von Nutztieren, sondern bringt auch den Landwirt als Produzenten in die Situation, sich vor einer Öffentlichkeit mit teilweise geringem und emotional geprägtem Kenntnisstand rechtfertigen zu müssen. Eine wissenschaftliche Beurteilung der Kriterien einer tiergerechten Haltung ist daher unabdingbar. Ein tiergerechtes Haltungssystem ist zudem ein wichtiger Aspekt für die Nachhaltigkeit der Tierhaltung (Broom, 2008). Zur weiteren Verbesserung der Haltungssysteme in der Nutztierhaltung ist deshalb eine ständige Erweiterung des Kenntnisstandes anzustreben, die nur durch fortwährende Forschung realisiert werden kann.

Im deutschen Sprachraum wird der Begriff *Tiergerechtheit* einheitlich verwendet. Der englische Begriff *welfare* ist dagegen eher ungenau. Je nach Zusammenhängen kann er „Sozialhilfe“, „Fürsorge“ bzw. „Wohlfahrt“, aber auch „Tierschutz“ bedeuten. Dabei

umfasst er im hier gebrauchten Sinn nichts, was man dem Tier angedeihen lässt, sondern beschreibt vielmehr die Empfindung des Tieres in seiner spezifischen Situation, ist also ein Merkmal des Tieres (Broom, 2008).

Ein Haltungssystem ist nach Hesse et al. (2000) dann als tiergerecht zu beurteilen, wenn den spezifischen Bedürfnissen der Art Rechnung getragen wird, körperliche Funktionen nicht beeinträchtigt und artspezifische Verhaltensmuster nicht so eingeschränkt oder verändert werden, dass dem Tier Schmerzen, Leiden oder Schäden entstehen.

Tiergerechtheit ist wissenschaftlich messbar und daher nicht von Moralvorstellungen des Menschen abhängig, sondern ausschließlich von der Biologie des Tieres. Allerdings kann Tiergerechtheit niemals absolut sein (Broom, 2008). Sie wird durch viele Faktoren beeinflusst und ist somit auch durch viele Faktoren messbar (Mormède, 2008). Zu ihrer Erfassung sind also immer verschiedene Parameter nötig, die sich in ihrer Aussagekraft ergänzen (Knierim, 1998). Man unterscheidet dabei zwischen positiven und negativen Indikatoren.

Für die Beurteilung der Tiergerechtheit werden Interaktionen der Tiere mit ihrer Umgebung gemessen. Diese beinhalten das Verhalten der Tiere, biologische Veränderungen und Folgen für Reproduktion und Gesundheit. Unmittelbare Antworten der Tiere sind leichter zu erfassen als langfristige Veränderungen. Die Messung von Emotionen und Gefühlen der Tiere ist dabei (noch) nicht möglich. Das Verhalten sowie neuroendokrine Antworten sind jedoch gut messbar (Mormède, 2008). Gefühle gelten dennoch als wichtiger Indikator für die Tiergerechtheit (Broom, 2008). Ein weiterer wichtiger positiver Indikator für Tiergerechtheit sind Präferenzen für frei wählbare Komponenten (Knierim, 1998). Dabei zeigen die Tiere in Wahlversuchen selbst, inwieweit ihre Ansprüche an die Haltung erfüllt werden (Marx, 1991).

Negative Indikatoren umfassen systembedingte Verletzungen, Erkrankungen und Tod sowie Verhaltensstörungen (Meyer et al., 1984). Diese gelten als Indikator für ein eingeschränktes Wohlbefinden des Tieres und daraus resultierendes Leiden (Sambraus, 1982). Lorz (1987) definiert das Wohlbefinden eines Tieres als Zustand physischer und psychischer Harmonie des Individuums mit sich und der Umwelt. Regelmäßige Anzeichen des Wohlbefindens sind Gesundheit und ein in jeder Beziehung normales Verhalten. Dies kann als positiver Indikator für Tiergerechtheit betrachtet werden. Nach Sambraus (1978) ist das Wohlbefinden eines Tieres gegeben, wenn es an seine

Umgebung angepasst ist, im physiologischen Gleichgewicht und frei von Krankheit und Schmerz ist, sich ungestört verhalten kann und jegliches Leiden ausgeschlossen ist. Bogner (1984) weist darauf hin, dass Wohlbefinden niemals absolut, sondern nur relativ sein kann. Uneingeschränktes Wohlbefinden ist durch die Beeinträchtigungen der Umgebung, Klima, Krankheit etc. unerreichbar.

Ein Organismus ist nach dem Konzept der Bedarfsdeckung und Schadensvermeidung nach Tschanz (1985, 1987) immer bestrebt, sich selbst aufzubauen, zu erhalten und Schaden zu vermeiden. Der Bedarf des Tieres dafür sollte sich mit dem Umweltangebot decken. Dieses gliedert sich beim Nutztier in folgende Bereiche: Raumstrukturierung, Futter und Fütterung, Stallklima, Artgenossen und Mensch (Zeeb, 1990). Der Tiergerechtheitsindex nach Bartussek (2000) greift diesen Bedarf auf und evaluiert die Tiergerechtheit eines Systems unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen wie Bewegungsmöglichkeit, Stallklima, Bodenbeschaffenheit, Sozialkontakte und Betreuungsintensität. Die Haltung von Tieren stellt dabei immer einen Kompromiss zwischen den arteigenen Bedürfnissen der Tiere und den Leistungsansprüchen durch den Menschen dar. Häufig werden Nachteile eines Haltungssystems in bestimmten Bereichen durch Vorteile in anderen Bereichen wieder aufgewogen (Knierim, 1998).

Zur Befriedigung ihrer arteigenen Bedürfnisse benötigen Tiere eine Vielzahl von Umgebungs- und Sozialreizen, die als Auslöser für bestimmte Verhaltensweisen dienen. Neben diesem auslösenden Reiz ist auch die Motivation des Tieres für das Zustandekommen des Verhaltens nötig. Besteht die Motivation für ein bestimmtes Verhalten, aber wird es wegen des Fehlens des Reizes in reizarmer Umgebung nicht ausgelöst, versuchen Tiere, sich den Reiz selber zu schaffen (Stolba et al., 1983, zitiert nach Hörning, 1999).

Nutztiere sind im Allgemeinen in der Lage, sich an ihr Haltungssystem anzupassen. Diese Anpassungsfähigkeit des Tieres darf jedoch nicht überfordert werden (van Putten, 1982). Ist ein Tier nicht mehr in der Lage, sich seiner Haltungsumwelt anzupassen, ist die Tiergerechtheit als schlecht zu bewerten (Broom, 2008). Zur Anpassung werden durch das Tier stets verschiedene Variablen genutzt. Diese sollten bei einer Bewertung ganzheitlich betrachtet werden. Ist nur eine bestimmte Variable als gut einzustufen, bedeutet das nicht, dass die Tiergerechtheit insgesamt gegeben ist (Broom, 2008).

Physiologische, anatomische und leistungsorientierte Parameter können in die Beurteilung der Tiergerechtheit einfließen. Eine hohe Leistung darf jedoch nicht als Zeichen hohen Wohlbefindens interpretiert werden (Grauvogel, 1984). Zwischen der Leistung eines Tieres und der Tiergerechtheit seiner Haltungsumwelt besteht kein lineares Verhältnis (Knierim, 1998). Auch die Reproduktionsleistung korreliert nicht unmittelbar mit der Tiergerechtheit (Mormède, 2008). Gesundheit und Tiergerechtheit sind eng miteinander verbunden, aber nicht identisch. Während die Gesundheit ausschließlich pathologische Aspekte umfasst, beinhaltet Tiergerechtheit viel mehr (Broom, 2008). Die Abwesenheit von Beeinträchtigungen in Leistung und Gesundheit ist daher kein hinreichender Beweis einer guten Tiergerechtheit, da Störungen in diesen Bereichen bereits ein Zeichen massiver Beeinträchtigung sind (Knierim, 1998). Eine schlechte Gesundheit ist immer ein Zeichen von mangelnder Tiergerechtheit (Broom, 2008).

Im Leben eines Mastschweins stellt die Mast den längsten Abschnitt dar. Sie bietet daher beim Mastschwein das größte Potenzial, die Tiergerechtheit zu verbessern. Möglichkeiten dazu sind gegeben bei der Interaktion zwischen Tier und Mensch, im Management, Stalldesign, und beim Genotyp und der Gesundheit der Tiere. Die Einführung von Verbesserungen ist dabei auch abhängig von der Nachfrage durch den Verbraucher (Gentry et al., 2008).

Moderne Nutztierhaltung bedeutet in der Regel Massierung von Tierbeständen in ganzjähriger Stallhaltung (Bogner, 1984). Konventionelle Schweinehaltungssysteme bringen dabei vorwiegend Probleme mit der Beingsundheit und eine verminderte Fleischqualität mit sich (Gentry et al., 2008). Zudem treten eine Vielzahl von Verhaltensstörungen auf. Beim Schwein sind dies vor allem solche, die mit Tätigkeiten der Schnauze zusammenhängen (Schmidt, 1982, zitiert nach Hörning, 1999).

Ein bedeutender Nachteil der in konventionellen Schweineställen durchgeführten Stallroutine ist, dass das Schwein den Menschen nur in unangenehmen Situationen sieht, wie beispielsweise beim Kürzen der Zähne und bei der Kastration. Dies trifft insbesondere für Ferkel zu. Der weitere Kontakt mit dem Menschen kann daher Stress auslösen. Insbesondere der Transport zum Schlachthof wird durch die Anwesenheit des Menschen als Stress empfunden (Faucitano & Geverink, 2008). Regelmäßiger menschlicher Kontakt sowie verschiedene Formen der Reizanreicherung können helfen, Stress zu reduzieren und zu natürlichem Verhalten animieren (Gentry et al., 2008).

2.2 Ausgewählte Aspekte zum Verhalten von Schweinen

Das Hausschwein (*Sus scrofa domestica* L.) stammt ab vom Eurasischen Wildschwein (*Sus scrofa* L.), das bereits vor rund 9.000 Jahren domestiziert wurde (Giuffra et al., 2000). Die Verbreitung von *Sus scrofa* erstreckt sich inzwischen über alle Kontinente. Es existieren zahlreiche Unterarten, von denen das Hausschwein eine darstellt (IUCN, 2012). Die Domestikation fand vermutlich gleichzeitig in verschiedenen Teilen Asiens und Europas statt (Larson et al., 2007). Domestizierte Tiere wurden auch von Asien nach Europa verbracht. Die asiatischen Tiere in Europa wurden mit einheimischen Linien gekreuzt und weitgehend verdrängt. Molekulare Studien zeigen, dass unsere heutigen Hausschweine Hybride aus europäischen und asiatischen Wildschweinen sind (Giuffra et al., 2000, Larson et al., 2007). Ihr Verhalten entspricht noch weitestgehend dem ihrer Vorfahren. Durch die Domestikation traten lediglich quantitative Änderungen des Verhaltens auf. So sind beispielsweise das Flucht- und Aggressionsverhalten schwächer ausgeprägt, das Fressverhalten jedoch stärker als beim Wildschwein (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Die Haltung von Schweinen erfolgte zunächst in Anlehnung an ihr natürliches Verhalten in Herden auf der Weide. Die heute übliche Buchtenhaltung entwickelte sich erst nach dem Zweiten Weltkrieg. Die ökonomische Nutzung von Schweinen wurde so erst möglich. Das Verhalten der Tiere wird durch dieses Haltungssystem allerdings stark eingeschränkt (van Putten, 1978).

Schweine sind soziale Tiere und in ihrem Verhalten auf das Leben in Gemeinschaften abgestimmt. Wildschweine bilden üblicherweise Gruppen von bis zu 20 Tieren (von Zerboni & Grauvogl, 1984), die meist aus einer Bache mit ihren Jungtieren sowie dem weiblichen Nachwuchs des letzten Jahres bestehen. Mehrere Bachen bilden eine Rotte, die von der ältesten Bache geführt wird. Männliche Tiere trennen sich im Alter von ein bis eineinhalb Jahren von der Rotte und bleiben noch bis zur Geschlechtsreife als Gruppe zusammen (Hörning, 1999). Ältere Keiler sind Einzelgänger (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Die Zusammensetzung der Gruppe ändert sich im Jahresverlauf abhängig vom Reproduktionszustand (Hörning, 1999). Weibliche Wildschweine werfen bis zu zwei Mal im Jahr mehrere Jungtiere, die bis zu einem Alter von drei bis vier Monaten von der Mutter gesäugt werden (Peitz, B. & Peitz, L., 2007).

Innerhalb der Rote gilt eine strenge Rangordnung, und bereits die Frischlinge eines Wurfs unterliegen einer festgesetzten Saugordnung. Durch die stabile Rangfolge treten Auseinandersetzungen außer am Fressplatz nur selten auf und werden oft nur angedeutet (Hörning, 1999). Schweine einer Rote verhalten sich stets relativ synchron. Sie sind sozial leicht erregbar und sensibel für die Übertragung von Stimmungen innerhalb der Gruppe (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Wichtig ist dafür auch die akustische Kommunikation zwischen den Tieren. Das Riech- und Hörvermögen von Schweinen ist besonders gut ausgeprägt (Hörning 1999).

Wildschweine sind standorttreu. Ihr natürliches Habitat umfasst vor allem Wälder (Hörning 1999), aber auch Savannen und Graslandschaften. Ihre Territorien sind abhängig von den Ressourcen sehr unterschiedlich groß und können von unter 100 ha bis zu über 2500 ha reichen (Graves, 1984). Innerhalb ihres Reviers nutzen Schweine räumlich getrennte Funktionsbereiche, indem die beispielsweise einen separaten Kotplatz und getrennte Ruhenester anlegen (Hörning, 1999).

Als eigentlich tagaktive Tiere zeigen Wildschweine als Anpassung an den Menschen vermehrt eine Verschiebung ihrer Aktivität in die Dämmerung und Nacht (Graves, 1984). Ihre Lebensgewohnheiten werden dabei vor allem durch das Fressen bestimmt (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Schweine gelten als neugierig und intelligent (Wood-Gush & Vestergaard, 1991).

Durch jahrhundertelange Zucht hat sich das Schwein in seinem Äußeren und vor allem in seinen Leistungsmerkmalen stark verändert. Das Verhaltensrepertoire des modernen Hausschweins entspricht jedoch nach wie vor weitestgehend dem seiner wilden Ahnen. In der Schweinemast sind besonders die Funktionskreise der Nahrungsaufnahme sowie des Erkundungs- und Aktivitätsverhaltens von Bedeutung. Diese werden im Folgenden eingehender betrachtet.

2.2.1 Futteraufnahmeverhalten

Das Wildschwein ist ein Allesfresser mit dem dafür charakteristischen Fressverhalten und zeigt eine große Anpassungsfähigkeit in Bezug auf die verfügbare Nahrung. Das Verhalten des Hausschweines ist diesbezüglich kaum verändert.

Das natürliche Fressverhalten des Schweins ist gekennzeichnet durch eine zeitaufwändige Nahrungssuche. Brooks (2005) gibt die vom Wildschwein für die Futtersuche und das Fressen aufgewendete Zeit mit 25 bis 59% des Tages an, weist aber darauf hin, dass dieser Anteil bei ausreichendem Nahrungsangebot auch deutlich geringer sein kann. Die Physiologie und das Verhaltensrepertoire des Wildschweins sind auf ein uneinheitliches und oft mangelhaftes Nahrungsangebot ausgerichtet (Brooks, 2005). Als Spezialist für weit verstreute und schwer zu gewinnende Nahrung sucht das Wildschwein sein Futter hauptsächlich am und im Boden (Hörning 1999). Zu diesem Zweck wird der Boden mit der Rüsselscheibe abgetastet und gegebenenfalls durchwühlt (Graves 1984). Die Rüsselscheibe besteht anatomisch gesehen aus einer Verschmelzung der Nase mit der Oberlippe und ist ein starkes Grabe- und Hebewerkzeug. Zum Tasten wird zudem die Zungenspitze verwendet (Hörning, 1999). Lebende Beutetiere schüttelt das Wildschwein wie ein Raubtier tot (van Putten, 1978).

Als Allesfresser haben Wildschweine ein sehr abwechslungsreiches Nahrungsspektrum (van Putten, 1978). Im Jahresmittel sind mehr als 90% des Futters pflanzlichen Ursprungs (Brooks, 2005). Zur natürlichen Nahrung des Schweins zählen vor allem Gräser, Beeren, Nüsse, Eicheln und Wurzeln, aber auch Knochen, Dung, Aas, Eier, kleine Invertebraten, kleine Säuger, Fische, Jungvögel, Krabben und Pilze (Graves, 1984; von Zerboni & Grauvogl, 1984; Hörning, 1999; Rodriguez-Esevez et al., 2009). Die genannten Nahrungsmittel zeichnen sich meist durch einen hohen Rohfaseranteil von bis zu 76% NDF pro kg Trockensubstanz aus. Der Trockenmasseanteil des Futters ist mit 20-25% eher gering (Brooks, 2005). Die Auswahl des Futters wird vor allem auf Grund seiner Schmackhaftigkeit getroffen. Dabei sind Futtermittel mit einem hohen Celluloseanteil eher unbeliebt (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Die Futteraufnahme in einer Wildschweingruppe erfolgt synchron (van Putten, 1978). Schweine orientieren sich am Verhalten ihrer Artgenossen und werden durch bereits fressende Tiere ebenfalls zur Futteraufnahme angeregt (Hsia & Wood-Gush, 1984). Aufgrund der gleichzeitigen Nahrungsaufnahme an gemeinsamen Fressstellen ist der

Futterneid bei Schweinen stark ausgeprägt (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Bei einem ausreichenden Nahrungsangebot gibt es jedoch keine aggressiven Auseinandersetzungen um das Futter (Graves, 1984). Auch das Hausschwein frisst nach Möglichkeit synchron, weswegen ein enges Tier-Fressplatz-Verhältnis eingehalten werden sollte. Für Mastschweine ist nach der TierSchNutzV (2006) ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 4:1 vorgesehen. Für Abruffütterung trifft dies zwar nicht zu, ein zu weites Verhältnis führt nach Averborg et al. (2012) allerdings zu einem Auseinanderdriften der Tiergruppe in Bezug auf das Körpergewicht. Bremermann (2003) stellt fest, dass eine Erhöhung des Tier-Fressplatz-Verhältnisses durch veränderte Fresszeiten von den Tieren kompensiert werden kann. Sie betrachtet ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1:10 bereits als kritisch, trifft jedoch keine konkrete Aussage über einen geeigneten Grenzwert.

Seinem Aktivitätsrhythmus entsprechend nimmt das Wildschwein vor allem vormittags und nachmittags Nahrung auf, wobei die Fresszeiten Schwankungen durch Jahreszeit, Temperatur und Nahrungsangebot unterliegen. Auch das Hausschwein frisst bevorzugt während zwei Zeiträumen am Tag, die den Aktivitätsphasen morgens und abends entsprechen und von einer Ruhephase getrennt sind (van Putten, 1978). Von Zerboni & Grauvogl (1984) geben die bevorzugte Fresszeit des Hausschweins mit 6 bis 9 Uhr und 15 bis 18 Uhr an. Guillemet et al. (2006) fanden übereinstimmend dazu bei Sauen eine bimodale Verteilung der Futteraufnahme mit bevorzugten Zeiten von 5 bis 9 Uhr und 14 bis 18 Uhr. Einzelne Fressvorgänge treten jedoch auch außerhalb dieser Zeiträume auf. So fressen wachsende Schweine häufig nachts in ein bis zwei kürzeren Mahlzeiten. Eine Verschiebung der Fresszeiten und eine Anpassung an einen veränderten Rhythmus ist grundsätzlich möglich (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Meyer (2002) beobachtete dies bei Sauen, denen zu wenige Fressplätze zur Verfügung standen. Die Tiere fraßen vermehrt nachts und zeigten daher keine deutliche zweigipfelige Verteilung der Fressvorgänge mehr.

Die Dauer der Futteraufnahme ist stark vom Futter abhängig. Während Schweine bei Weidegang Fresszeiten von vier bis neun Stunden zeigen (von Zerboni & Grauvogl, 1984), ist Kraftfutter in wenigen Minuten aufgenommen. Bei rationierter Fütterung zwei Mal täglich werden Fresszeiten von jeweils zehn Minuten (van Putten, 1978, von Zerboni & Grauvogl, 1984) oder 20 Minuten (Hörning, 1999) genannt. Für mit konventionellem Mastfutter *ad libitum* gefütterte Mastschweine geben Hyun et al. (1997) tägliche Fresszeiten von im Mittel 78 Minuten an. Bigelow & Houpt (1988) fanden bei

wachsenden Yorkshire-Schweinen Fresszeiten zwischen 79 und 190 Minuten täglich, wobei ältere Tiere tendenziell kürzer fraßen.

Da Mastschweine im Verlauf der Mast Körpergröße und -gewicht verändern und einem altersbedingten Reifungsprozess unterliegen, verändert sich auch das Fressverhalten der Tiere während der Mast. Vor allem die aufgenommene Futtermenge sowie die Rate der Futteraufnahme sind stark von der Größe des Schweins abhängig und steigen mit wachsendem Körpergewicht (Bigelow & Houpt 1988). Bei Weidegang beläuft sich die tägliche Aufnahme von Grünfutter bei Läufern auf 10 kg und bei Altsauen auf 18 kg (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Van Putten (1978) gibt die tägliche Nahrungsaufnahme bei Weidegang mit 15 bis 20 kg Gras an.

Die freiwillige Futteraufnahme variiert zwischen den Individuen. Abhängig von äußeren Einflüssen kann jedoch auch die eines einzelnen Tieres schwanken (Forbes, 2009). Bei Haltung in Gruppen sinkt die mittlere Futteraufnahme der Tiergruppe, und die Variation zwischen den Tieren steigt an (de Haer & Merks, 1992, zitiert nach Knap, 2009). Variation im Futteraufnahmeverhalten zeigt sich bei Schweinen in der Frequenz der Futteraufnahme ebenso wie in der Mahlzeitengröße (Forbes, 2009).

Die tägliche Futteraufnahme bei konventioneller Fütterung steigt nach Bigelow & Houpt (1988) im Lebendmassebereich von zehn bis 130 kg stetig von rund 900 g auf über 2500 g Futteraufnahme. Quiniou et al. (2000) fanden bei knapp 50 kg schweren Schweinen tägliche Futteraufnahmen von 1900 bis 2200 g und bei rund 75 kg schweren Schweinen von über 2500g. Dies entspricht Aufnahmen von rund 180 g bzw. 300 g pro Mahlzeit. Je größer das Schwein wird, desto größer ist also nicht nur seine tägliche Futteraufnahme, sondern desto größer wird auch die pro Mahlzeit aufgenommene Futtermenge. Bigelow & Houpt (1988) geben die Futteraufnahme pro Mahlzeit bei Ferkeln mit 70 g an, bei schlachtreifen Schweinen mit über 350 g. Hyun et al. (1997) ermittelten für Mastschweine eine mittlere Futteraufnahme über die gesamte Mastperiode von 260 g pro Mahlzeit.

Die Rate der Futteraufnahme ändert sich besonders deutlich mit steigendem Lebendgewicht. Nach Bigelow & Houpt (1988) steigt sie kontinuierlich von rund 8 g/min bei Ferkeln auf knapp 30 g/min bei schlachtreifen Schweinen. Im Mittel der gesamten Mastperiode geben Hyun et al. (1997) eine Fressrate von 24 g/min an. Quiniou et al.

(2000) fanden noch höhere Fressraten von 30 bis über 40 g/min bei Mastschweinen mit bis zu 75 kg Körpergewicht.

Die Anzahl der Mahlzeiten bei *ad libitum*-Fütterung beträgt ungefähr acht pro Tag (van Putten, 1978). Hyun et al. (1997) ermittelten unter Einsatz eines Mahlzeitenkriteriums für Börge in Gruppenhaltung eine mittlere Mahlzeitenzahl von 7,4. Bigelow & Houpt (1988) fanden bei Mastschweinen Mahlzeitenzahlen zwischen sieben und 14, wobei die Anzahl mit zunehmendem Körpergewicht der Tiere tendenziell abnahm. Bezogen auf das Körpergewicht ist die Futteraufnahme bei jüngeren Schweinen größer als bei ausgewachsenen Tieren. Damit der Verdauungstrakt die große Futtermenge verarbeiten kann, sind bei kleineren Schweinen daher mehr Mahlzeiten nötig (Bigelow & Houpt, 1988). Dieses Ergebnis deckt sich mit dem von Quiniou et al. (2000), die Mahlzeitenzahlen von rund zwölf bzw. neun für Schweine zu Anfang und in der Mitte der Mast angeben.

Wasser wird von Schweinen ca. 15 bis 20 Mal pro Tag aufgenommen, hauptsächlich direkt nach dem Fressen (van Putten, 1978).

Wie die meisten Säugetiere, die mit einem schwankenden Nahrungsangebot zu kämpfen haben, hat auch das Schwein im Laufe seiner Evolution eine Präferenz für energiereiche Nahrung entwickelt. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass süß schmeckendes Futter bevorzugt aufgenommen wird (Kare et al., 1965). Bitteres Futter wird gerne gefressen, saures dagegen höchst ungern (van Putten, 1978). Bei einem Überfluss an energiereichem Futter gibt es keinen Mechanismus, der die Tiere in ihrer Nahrungsaufnahme bremst, da dies natürlicherweise nur äußerst selten auftritt. Schweine sind also in diesem Sinne nicht so „vernünftig“, ihre Nahrungsaufnahme unabhängig vom Angebot biologisch optimal zu gestalten.

Mastschweine im Wachstum fressen in etwa so viel, wie sie benötigen (Forbes, 2009). Lediglich Kastraten können sich überfressen und verfetten schnell (van Putten, 1978). Adulte Tiere dagegen fressen leicht zu viel (Forbes, 2009). Mastschweine sind jedoch nicht in der Lage, das optimale Futter für eine maximale Mastleistung selbst auszuwählen (van den Brand et al., 2007). Der Appetit des Mastschweins ist rassebedingt und genetisch determiniert und somit züchterisch veränderbar. Da die freiwillige Futteraufnahme jedoch negativ mit Leistungsmerkmalen der Fleischqualität korreliert, wurden Bestrebungen zur Züchtung von Schweinen mit einem größeren Appetit wieder

eingestellt. Durch entsprechende Selektion sollte es jedoch möglich sein, Schweine mit erhöhtem Appetit und ohne beeinträchtigte Fleischqualität zu züchten (Knap, 2009).

Das Futteraufnahmeverhalten des Schweins ist ein erlerntes Verhalten. Das Lernen erfolgt durch Prägung in der sensiblen Phase, aber auch durch Tradition, d.h. Weitergabe von Generation zu Generation. Auslösende Reize für Futteraufnahmeverhalten sind beispielsweise olfaktorische oder optische Reize (Grauvogl, 1984). Die Futteraufnahme wird also durch die sensorischen Eigenschaften des Futters kontrolliert. Schweine lernen so wie andere Säugetiere, geeignetes Futter zu wählen, indem sie die sensorischen Eigenschaften des Futters mit den eigenen intrinsischen Signalen des Körpers nach dem Fressen verknüpfen (Forbes, 2009).

Die Steuerung der Nahrungsaufnahme erfolgt durch die Fressmotivation des Tieres. Bei einer hohen Motivation wird der Fressvorgang eingeleitet (Porzig & Sambras, 1991). Ist die Motivation gering, liegt eine Sättigung vor und der Fressvorgang wird gegebenenfalls beendet (Kirchgeßner et al., 2008). Die Steuerung von Hunger und Sättigung wird im Gehirn im Hypothalamus geregelt (Grauvogl, 1984; Black et al., 2009). Dabei werden vielfältige Faktoren berücksichtigt. Zunächst sind vor allem Blutzucker- und Insulinspiegel wichtige metabolische Kenngrößen. Zudem ist der Grad der physischen Sättigung durch die Magenfüllung von Bedeutung (Forbes, 2009). Ein weiterer wichtiger Faktor für die Motivation zur Nahrungsaufnahme besteht in der für diesen Funktionskreis bereits aufgewendeten Zeit (van Putten, 1978). Langfristig kann nur dann eine zufriedenstellende Sättigung beim Tier erreicht werden, wenn alle genannten Faktoren der Sättigung eintreten (Porzig & Sambras, 1991).

Hunger und Sättigung und die damit verbundene Regulation der Futteraufnahme werden durch die Struktur des Futters, die enthaltenen Nährstoffe und die daraus produzierten Metaboliten sowie den Energieaufwand und den konditionellen Zustand des Tieres bestimmt (Black et al., 2009). Auch die Passagerate des Futters im Gastrointestinaltrakt hat einen erheblichen Einfluss auf die Futteraufnahme. Eine geringe Passagerate führt generell zu einer erhöhten Verdaulichkeit des Futters und einer verminderten Futteraufnahme (Black et al., 2009). Die Darreichungsform des Futters hat neben dem Einfluss auf die Futteraufnahme auch einen Einfluss auf das Futtersuchverhalten (Young et al., 1994).

Entsprechend dem natürlichen Fressverhalten ist die Motivation zur Nahrungsaufnahme beim Schwein grundsätzlich hoch. Dies gilt für den gesamten Funktionskreis der Nahrungsaufnahme und schließt daher insbesondere das Futtersuchverhalten ein. Eine ausreichende Nährstoffversorgung allein ist nicht genug, um eine nachhaltige Sättigung der Tiere zu gewährleisten (Hörning, 1999).

Sauen werden meist rationiert gefüttert, um einer Verfettung vorzubeugen. Der Energiegehalt einer normalen Ration ist an die Bedürfnisse der Sauen angepasst. Dennoch zeigen solche Sauen auch nach dem Fressen noch eine hohe Fressmotivation (Young et al., 1994). Der Fressvorgang beläuft sich üblicherweise auf täglich zwei mal zwanzig Minuten. Dies ist nicht ausreichend, um die Sauen in ihrem Bedürfnis zur Nahrungssuche und Nahrungsaufbereitung zu befriedigen (Hörning, 1999). Spooler et al. (1995) beschreiben restriktiv gefütterte Sauen als aktiver und verstärkt das Gehege manipulierend. Dies wird mit Hungergefühl begründet. Wird im Rahmen des Fressvorganges nicht genügend gekaut, kann auch Leerkauen auftreten (van Putten, 1978).

Während natürlicherweise Nahrungssuche und -aufnahme beim Wildschwein synchron verlaufende Verhaltensweisen sind, wurden beim Hausschwein beide Verhaltenskreise durch den Menschen getrennt. Das Futter ist üblicherweise direkt verfügbar. Erkundungs- und Futtersuchverhalten wird daher von Schwein auch völlig getrennt vom Fressvorgang ausgeführt. Dies kann täglich mehrere Stunden in Anspruch nehmen (van Putten, 1978). Dabei sollte die Beschaffung von Futter nach Bremermann (2003) für Schweine idealerweise eine Beschäftigung darstellen und das Erkundungsverhalten anregen.

Der Fütterungsvorgang stellt für Schweine, die in einer eintönigen Haltungsumwelt leben, die nahezu einzige Abwechslung dar (van Putten, 1978). Daher zeigen rationiert gefütterte Schweine zu den Fresszeiten eine starke Erregung von Herz und Kreislauf (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Schweine führen Futteraufnahmeverhalten auch aus, um Mängel in der Haltungsumwelt zu kompensieren. Damit gehen unter Umständen hohe Mastleistungen einher. Diese dürfen jedoch nicht als Ausdruck des Wohlbefindens verstanden werden (Bremermann, 2003). Eine gestörte Futteraufnahme sowie eine schlechte Mastleistung können andererseits aber Zeichen für ein gestörtes Wohlbefinden sein (van Putten, 1978).

2.2.2 Ruheverhalten

Wildschweine sind tagaktive Tiere (Kittawornrat & Zimmerman, 2011). Üblicherweise zeigen sie zwei Aktivitätsphasen am Tag (van Putten, 1978). In einer Gruppe wacher Schweine herrscht normalerweise kaum Ruhe (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Die Ausprägung der Aktivität ist dabei stark abhängig von der Umgebung, der Jahreszeit, dem Wetter, dem Futterangebot sowie dem Vorkommen von Feinden. Bei warmem Wetter legen Wildschweine mittags eine ausgedehnte Ruhephase ein, während sie beispielsweise bei Regen auch im Sommer ganztägig mit der Futtersuche beschäftigt sind. Wird tagsüber geruht, suchen Wildschweine spezielle Ruhenester auf, die besonders geschützt sind und ein weiches Liegen ermöglichen (Graves 1984). Je nach Wetter und Nahrungsangebot werden dabei verschiedene Ruhenester innerhalb des Reviers aufgesucht (Hörning, 1999). Erwachsene Tiere ruhen 13 bis 16 Stunden täglich, davon 11 Stunden während der Nacht (Hörning, 1999). Die nächtliche Ruhephase beginnt zumeist spätestens um 22 Uhr (Graves, 1984). Der Ruheplatz für die Nachtruhe kann dabei in erheblicher Entfernung zur Futterstelle liegen (Hörning, 1999). Unter bestimmten Bedingungen können Aktivitätsphasen auch in der Nacht verzeichnet werden (Graves, 1984). Eine deutliche Verschiebung der Aktivität in die Nachtstunden findet vor allem dann statt, wenn Wildschweine in der Nähe des Menschen leben oder gejagt werden (Graves, 1984). Dies zeugt von der außerordentlichen Anpassungsfähigkeit des Schweins, die eine nahezu weltweite Ausbreitung ermöglichte.

Auch das Hausschwein zeigt sich bevorzugt tagaktiv. In seiner Tagesperiodik ist es dabei jedoch sehr anpassungsfähig (van Putten, 1978). Die Hauptruhe findet beim Hausschwein zwischen 20 und 6 Uhr statt und wird nur kurz unterbrochen, z.B. zum Koten oder Harnen. Die Gesamtruhezeit beträgt 16 bis 22 Stunden täglich und ist neben individuellen Unterschieden auch abhängig von Klima und Sozialstruktur (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Die tägliche Ruhedauer von Schweinen steigt mit zunehmendem Alter an, während die Aktivität dementsprechend sinkt (Krötzel et al., 1994; Day et al., 2008). Adulte Tiere sind demnach ruhiger als Mastschweine und Zuchtläufer, die sich noch im Wachstum befinden. Ferkel ruhen täglich 16 bis 20 Stunden (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Aktive Zeitspannen werden von Schweinen hauptsächlich zur Nahrungsaufnahme und Erkundung genutzt. Die Aktivität der Tiere ist dabei auch von der Haltungsumwelt

abhängig. Mastschweine ruhen bei rationierter Fütterung rund 19 Stunden, bei nicht rationierter dagegen 17,5 Stunden täglich (van Putten, 1978). Auch die Haltung auf Stroh im Vergleich zur strohlosen Haltung kann die Aktivität von Mastschweinen und ihre Verhaltensdiversität erhöhen (Day et al., 2008). Braund et al. (1998) fanden bei Beobachtungen von Sauen im Freiland, dass rund die Hälfte der beobachteten Zeit aktiv verbracht wurde. Die Tageszeiten mit der höchsten Aktivität waren von 8 bis 10 Uhr, von 13 bis 15 Uhr und von 17 bis 19 Uhr. Freilandhaltung führt beim Schwein auch zu einer verminderten Ruhedauer am Tage (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Während beim Wildschwein Liegen stets gleichzusetzen ist mit Ruhen, liegt das Hausschwein möglicherweise oft nur aus Mangel an sonstiger Beschäftigung (van Putten, 1978). Je reizärmer die Umgebung ist, desto länger sind die Liegezeiten eines Schweins. Langes Liegen kann auch ein Zeichen von Apathie sein oder durch Beschwerden beim Aufstehen und Abliegen zustande kommen. Bei hohem Sozialstress, z.B. durch Überbelegung, können auch ungenügende Liegezeiten auftreten. Beispielsweise ist bei Hitze kein bequemes Liegen in Seitenlage möglich (Hörning, 1999).

Beim Schwein sind verschiedene Abstufungen des Ruheverhaltens bekannt. Neben dem eigentlichen Ruhen zeigen Schweine auch aufmerksames Wachsein in Ruhelage (Hörning, 1999). Dieses Rasten wird von Grauvogl (1984) als „Erschlaffung der Skelettmuskulatur bei volleingeschaltetem Sensorium“ beschrieben. Daneben werden Dösen und leichter Schlaf beobachtet (Hörning, 1999). Diese Abstufungen sind gekennzeichnet durch graduelle Herabsetzung des Sensoriums. Der Tiefschlaf enthält sogenannte REM-Perioden (Grauvogl, 1984). Das Ruhen kann in Bauch- oder Seitenlage ausgeführt werden (Hörning, 1999). Stehendes Dösen kommt beim Schwein nicht vor (van Putten, 1978). Sitzen kann von Hausschweinen bis zu zwei Stunden täglich gezeigt werden. Dies ist jedoch kein freiwilliges Verhalten, sondern als verhindertes Stehen oder Liegen zu betrachten (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Das Ausruhen wird vom Schwein meist mit der Ausführung von Komfortverhalten eingeleitet. Daraufhin nimmt die Aktivität ab und das Tier zeigt häufig Scharren und Zusammenschieben von Nistmaterial. Dabei wird auch Stroh ins Maul genommen. Das Schwein ruht zunächst in Bauchlage und geht über die Bauchseitenlage in Seitenlage über. In der Seitenlage kann es zu Bewegungen und Lautäußerungen kommen, die darauf hindeuten, dass das Schwein träumt. Nach Beendigung der Ruhe steht das Tier auf und verlässt den Ruheplatz (van Putten, 1978).

Analog zum Ruhenest in freier Wildbahn bevorzugen Hausschweine ebenfalls räumlich abgegrenzte Ruhebereiche (van Putten, 1978). Diese sollten trocken und geschützt liegen (von Zerboni & Grauvogl, 1984) und möglichst auch optisch abgegrenzt sein (van Putten, 1978). Die Ruhebereiche werden fast ausschließlich zum Ruhen genutzt. Kot- und Harnabsatz werden an diesen Stellen strikt vermieden (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Die soziale Rangordnung ist am Liegeplatz nicht von Bedeutung. Unabhängig von ihrem Rang liegen Schweine nebeneinander und bei Kälte auch übereinander (van Putten, 1978). Die Größe der Gruppe ist dabei abhängig von der Art der Ruhe. Etwa eine halbe Stunde nach dem Fressen zeigen Schweine oft eine kurze Ruhephase, die sie in Gruppen von wenigen Tieren ausführen. Während der langen Nachtruhe dagegen ruhen alle Tiere gemeinsam an einer Stelle (van Putten, 1978).

2.2.3 Erkundungsverhalten

Schweine zeigen ein ausgeprägtes Erkundungsverhalten. Drei Viertel seiner aktiven Zeit verbringt ein Wildschwein mit Erkundung und Futtersuche (Kittawornrat & Zimmerman, 2011). Die Erkundung der Umgebung ist beim Schwein direkt mit dem Funktionskreis der Nahrungsaufnahme verbunden. Sie dient neben der Orientierung im Raum vor allem der Futtersuche (van Putten, 1978). Zudem sind Schweine sehr neugierig. Bereits wenige Wochen alte Ferkel zeigen großes Interesse an neuartigen Gegenständen (Wood-Gush & Vestergaard, 1991).

Nach Tembrock (1982, zitiert nach Laube & Schulze, 1992) ist Erkundung eine eigenmotivierte Orientierung, die der räumlichen und zeitlichen Zuordnung des eigenen Körpers sowie der Identifikation und Klassifizierung von Objekten und Vorgängen dient. Um das eigene Verhalten optimal anzupassen, muss sich ein Tier zunächst ein Bild von seiner Umgebung machen und diese regelmäßig auf Veränderungen kontrollieren. Die Ressourcen sind im Habitat des Wildschweins, dem Wald, ungleichmäßig verteilt. Um sie zu finden ist eine umfangreiche Erkundung notwendig (Hörning, 1999).

Das Schwein nutzt zur Erkundung mehrere Sinne: Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Tasten (van Putten, 1978). Charakteristisch bei der Erkundung sind das Wühlen und Betasten mit dem Rüssel und Bekauen von Gegenständen. Diese werden zunächst explorativ bekaut. Erhält das Tier durch das Bekauen ernährungsrelevante Hinweise, wird das Kauen verstärkt und der Gegenstand gegebenenfalls aufgenommen (Day et al. 1996).

Wildschweine wühlen vor allem in Sand, Grasland und Marschland, aber auch in allen anderen Böden ihres Territoriums. Dabei bewegen sie sich mit der Nase am Boden entlang und beschnüffeln die Vegetation (Graves, 1984). Weiterhin ist das Rütteln an Objekten häufig (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Auch das Hausschwein zeigt dieses Erkundungsverhalten. So wurde bei Sauen in Freilandhaltung festgestellt, dass sie während ihrer aktiven Zeit hauptsächlich grasten und mit dem Rüssel tasteten (Braund et al., 1998).

Das ausgeprägte Erkundungsverhalten von Schweinen ist genetisch determiniert. Die endogenen Faktoren des Erkundungsverhaltens werden auch ohne auslösenden Reiz wirksam. Das bedeutet, dass auch in einer eintönigen Umgebung, die keinen Anreiz zur Erkundung bietet, das Erkundungsverhalten ausgeführt wird und bekannte Objekte immer wieder untersucht werden (van Putten, 1978). Die Motivation zum Erkunden kann nur

dadurch gesenkt werden, dass das Tier bereits ausreichend Zeit für dieses Verhalten verwendet hat und durch eine gute Sättigung keine Motivation zur weiteren Nahrungssuche besteht (Hörning, 1999).

Hungrige Schweine zeigen ein vermehrtes Aktivitäts- und Erkundungsverhalten. So konnte an Mastschweinen, die lediglich 80 % der üblichen Ration erhielten, festgestellt werden, dass die Tiere mehr wühlten, länger auf Fress-Stimuli kauten, mehr Besuche an neuartigen Objekten zeigten sowie neu zugängliche Areale stärker erkundeten (Day et al., 1995, Stern & Andresen, 2003).

Dieses charakteristische Verhalten bei der Erkundung und Futtersuche kann zu nicht unerheblichen Schäden durch Wildschweine führen. In der Haltung von Hausschweinen resultiert daraus der schwierig zu erfüllende Anspruch der Schweine nach ausreichend Beschäftigung. Diese ist vor allem in reizarmen modernen Haltungssystemen der konventionellen Schweinehaltung kaum gegeben. Zur Kompensation der Tierbedürfnisse werden verschiedene Beschäftigungsmaterialien eingesetzt, die den zum Teil gegensätzlichen Ansprüchen der Tiere und der Tierhalter genügen müssen. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, praktikable Beschäftigungsmöglichkeiten für Schweine in konventioneller und strohloser Haltung zu entwickeln, die das Erkundungsbedürfnis der Tiere nachhaltig befriedigen (Scott et al., 2006).

Schweine sind sehr neugierige Tiere. Blackshaw et al. (1997) zeigten in einer Studie mit Ferkeln, dass 75% der Tiere ein neues Spielzeug innerhalb von fünf Minuten berühren, unabhängig von ihrem Rang in der Gruppe. Die Ferkel, denen ein Spielzeug angeboten wurde, zeigten zudem eine geringere Aggressivität als eine Kontrollgruppe. Die Intensität der Beschäftigung mit dem Spielzeug sank allerdings innerhalb der dreiwöchigen Beobachtungszeit wieder ab. Allgemein ist festzustellen, dass das Interesse von Schweinen an neuartigen Gegenständen bereits nach einigen Tagen wieder nachlässt (Scott et al., 2006).

Bracke et al. (2007) entwickelten ein Modell zur Evaluierung von Beschäftigungsmaterialien für Schweine. Hängende Ketten, wie sie Schweinen häufig angeboten werden, und andere hängende Gegenstände aus nicht manipulierbarem Material wurden als nicht geeignet eingestuft. Übereinstimmend damit fanden Scott et al. (2007), dass Mastschweine sich weniger als 2 % ihrer Zeit mit einem hängenden Spielzeug beschäftigten. Weitere Beschäftigungsmaterialien sind Substrate, in denen die

Tiere wühlen können, wie z. B. Stroh. Geeignete Wühlmaterialien für Schweine zeichnen sich dadurch aus, dass sie möglichst komplex, veränderlich und zerstörbar sind und essbare Teile enthalten (Studnitz et al., 2007). Die eigenmotivierte Beschäftigung von Mastschweinen mit Stroh ist höher als die mit einem hängenden Spielzeug. Wird kein Stroh angeboten, steigt das Interesse der Tiere am Spielzeug (Scott et al. 2006). Strohpellets wurden nur knapp als geeignetes Beschäftigungsmaterial eingestuft, Stroh als gut geeignet (Bracke et al., 2007). Haltungssysteme mit Substrat werden von Schweinen bevorzugt und bieten eine höhere Tiergerechtigkeit als einstreulose Verfahren. Manipulierbares Substrat reduziert beispielsweise gegen Artgenossen gerichtete Verhaltensweisen und fördert das Spielverhalten (Hötzel et al., 2009). Auch die EU-Richtlinien 2001/8/EG des Rates und 2001/93/EG der Kommission zur Änderung der Richtlinie 91/6307EWG über die Mindestanforderung für den Schutz von Schweinen sehen vor, dass alle Schweine Beschäftigungsmaterialien erhalten, die sie untersuchen und bewegen können, wie beispielsweise Stroh oder anderes langfaseriges Material (Troxler, 2002).

Spielverhalten kann der Erkundung ähneln und wird von denselben Reizen ausgelöst, ist aber nicht mit dieser identisch. Beim Spiel werden verschiedene Verhaltensweisen ohne Muster und erkennbaren Sinn kombiniert (van Putten, 1978). Spielen und Neugier unterscheiden sich von allen anderen Verhaltensweisen darin, dass sie nicht der Befriedigung eines Bedürfnisses des Tieres dienen (von Zerboni & Grauvogl, 1984). In der Hierarchie der Verhaltensweisen ist Spielverhalten weit unten angesiedelt. Es kann daher als Indikator für Tierwohl gelten (van Putten, 1978). Spielverhalten wird vor allem von Ferkeln gezeigt und nimmt mit dem Alter ab (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Junge Schweine spielen noch recht häufig, adulte Tiere nur hin und wieder. Mastschweine, die ja keineswegs adult sind, können sich z. B. stundenlang spielerisch mit Stroh beschäftigen (van Putten, 1978).

2.2.4 Agonistisches Verhalten

Schweine leben in Gruppen und haben ein ausgeprägtes Sozialverhalten. Die Tiere einer Gruppe bilden eine stabile Rangordnung. Diese wird bereits bei neugeborenen Ferkeln als Saugordnung ausgebildet (Graves, 1984). Zur Festlegung und Beibehaltung der Rangordnung sind agonistische Auseinandersetzungen zwischen den Tieren nötig. Einander unbekannte Schweine zeigen daher zum Teil heftige Rangordnungskämpfe (Kelley et al., 1980). Agonistisches Verhalten findet sich vor allem bei Ebern. Sauen und junge Läufer zeigen weniger Auseinandersetzungen. Agonistisches Verhalten äußert sich oft nur in Drohgebärden. Kommt es zum Kampf, kämpfen Schweine entweder frontal oder lateral. Bei frontalen Kämpfen stoßen die Kontrahenten ihre Köpfe gegeneinander. Laterale Kampfhandlungen bestehen aus dem seitlichen Abdrängen und Aneinanderpressen der Schultern. Beißen von hinten wird beim Schwein nicht beobachtet. Das im Kampf unterlegene Tier zeigt danach eine deutliche Demutshaltung (van Putten, 1978).

Agonistisches Verhalten wird von der Haltungsumwelt beeinflusst. Vor allem das Nahrungsangebot spielt dabei eine wichtige Rolle. Fasten und Hunger erhöhen das Aggressionspotential in einer Schweinegruppe (Kelley et al., 1980). Bei ausreichendem Nahrungsangebot ist Aggressivität beim Fressen nicht zu beobachten (Graves, 1984). Bei restriktiver Fütterung allerdings sind die Schweine auch dann aggressiver als gewöhnlich, wenn sie alle gleichzeitig fressen können (Baxter, 1983). Stroh als Einstreu kann aggressivem Verhalten entgegenwirken und gegen Artgenossen gerichtetes Verhalten reduzieren (Day et al., 2008). Dies ist auch der Fall, wenn das Aggressionsniveau auf Grund von restriktiver Fütterung hoch ist (Kelley et al., 1980).

2.2.5 Verhaltensanomalien

Haustiere sind durch züchterische Selektion im Allgemeinen gut an ihr Haltungssystem angepasst. Dies hat jedoch Grenzen, deren Überschreitung zu Beeinträchtigungen des Tieres führen kann (Sambraus, 1978). Eines der größten Probleme der modernen Schweinehaltung ist das Auftreten von Verhaltensanomalien. Solche Störungen sollten nicht nur aus Gründen des Tierschutzes vermieden werden, sondern sind teilweise auch von wirtschaftlicher Bedeutung (Brummer, 1978).

Verhalten stellt eine aktive Strategie zur Bewältigung der Umwelt dar. Verändertes Verhalten kann daher eine Anpassung an die Haltungsumwelt oder eine Verhaltensstörung sein. Störungen treten auf, wenn die Haltungsumwelt nicht artgemäß und die Anpassung daran überfordert ist (Wechsler, 1992). Kennzeichen einer Verhaltensstörung ist, dass sie nicht zu einer Bedürfnisbefriedigung führt (Sambraus, 1992).

Als Verhaltensanomalie bezeichnet man ein von der Norm abweichendes Verhalten. Es ist allerdings teilweise schwer zu erkennen, wann ein Verhalten noch innerhalb der Norm liegt und ab wann von einer Verhaltensanomalie gesprochen werden muss (Immelmann, 1982). Abweichungen von der Norm können in verschiedenen Formen auftreten, z. B. als Aktivitätsänderung oder als veränderter oder unvollständiger Bewegungsablauf. Das Verhalten kann an einem nicht adäquaten Objekt ausgeführt sein oder die Intensität, Frequenz oder Qualität eines Verhaltens sind verändert. Auch die objektlose Ausführung des Verhaltens als Leerverhalten ist möglich sowie Übersprungsbewegungen, Kompromissverhalten und Stereotypien (Sambraus, 1978, 1992). Um Verhaltensstörungen von normalem Verhalten zu unterscheiden, sind genaue Kenntnisse des Verhaltens der jeweiligen Art erforderlich. So kann beispielsweise Beknabbern beim Schwein als Fellpflege missinterpretiert werden.

Ein weiteres Zeichen für Störungen ist das Auftreten medizinischer Schäden. Aber auch ohne sichtbare klinische Symptome kann eine Verhaltensstörung vorliegen (Wechsler, 1992). Verhaltensanomalien sind daher immer ein Hinweis auf eine nicht tiergerechte Haltung (Sambraus, 1992).

Das Auftreten einer Verhaltensstörung bedeutet nicht zwangsläufig, dass die derzeitige Haltung des Tieres Mängel aufweist. Man unterscheidet:

- Früherworbene reaktive Störungen, z. B. Fehlprägung, Kindheitstraumata

- Aktualreaktive Störungen, die durch bestimmte Umweltgegebenheiten ausgelöst werden
- Residualreaktive Störungen, bei denen auch nach Wegfall der auslösenden Faktoren die inadäquate Reaktion bestehen bleibt (Brummer, 1978).

Ursache und Auslöser einer Verhaltensstörung sind häufig nicht identisch und können unterschiedlichen Funktionskreisen angehören (Sambraus, 1992). Beim Schwein treten am häufigsten Störungen auf, die aus dem Erkundungsbedürfnis der Tiere erwachsen. Aufgrund ihrer Biologie haben Schweine insbesondere in Bezug auf Beschäftigungsmaterialien einen hohen Anspruch, dem moderne Haltungssysteme meist nicht ausreichend gerecht werden (Graves, 1984). Verhaltensauffälligkeiten und -störungen aus Mangel an Beschäftigung sind daher weit verbreitet. Neben sichtbaren Verhaltensanomalien führt Beschäftigungsmangel zudem zu Stress und Minderleistung (Bartussek, 2001).

Die häufigsten Verhaltensanomalien bei Schweinen sind das Bekauen von Gehegeteilen und Artgenossen. Dabei werden abstehende Körperteile wie Ohren oder Schwänze bevorzugt bekaut (Bartussek, 2001). Bei andauerndem Bekauen können dabei erhebliche Schäden am bekauten Tier entstehen (Sambraus, 1992). Das Bekauen von Artgenossen bei Schweinen wird häufig fälschlicherweise als Kannibalismus bezeichnet (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Dieser Verhaltensstörung liegt allerdings kein aggressiver Kontext zu Grunde, wie beim echten Kannibalismus üblich, sondern sie ist ein fehlgeleitetes exploratives Verhalten (Wechsler, 1992). Zunächst wird der Schwanz eines Artgenossen aus Mangel an sonstiger Beschäftigung nur leicht besaugt und beknabbert. Verletzungen, die dabei entstehen, verstärken den Anreiz zum Bekauen. Zudem wird das Bekauen von verletzen Schwänzen wegen des reduzierten Schmerzempfindens in der Schwanzspitze vom betroffenen Schwein als Linderung empfunden (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Ursachen für das Schwanzbeißen sind neben Beschäftigungsmangel auch weitere Stressoren wie Zugluft, Lärm, eine hohe Luftfeuchte, eine zu hohe Besatzdichte, unregelmäßige Futterversorgung oder Wassermangel (Wechsler, 1992).

Werden Schweine auf zu kleinen Flächen gehalten, ist keine räumliche Trennung der Verhaltensbereiche möglich. Dies kann Verhaltensstörungen jeder Art fördern. Zudem ist die Lokomotion der Tiere beeinträchtigt, die jedoch wichtig für die Bedarfsdeckung und

Schadensvermeidung von Schweinen ist sowie eine große Rolle bei der physischen Entwicklung und bei der Ausübung des Spielverhaltens einnimmt (Marx, 1991).

Bei Sauen in engen Ställen werden häufig Verhaltensstörungen beobachtet, die als fehlgerichtetes Erkundungsverhalten zu deuten sind. Allein durch die Gabe von Stroh sind diese Störungen nicht abzustellen (Heizmann et al., 1994). Weitere häufige Verhaltensstörungen sind Leerkauen sowie Bewegungsstereotype. Verhaltensstörungen gehen oft mit einer erhöhten Aggressivität der Tiere untereinander einher, können aber auch gänzlich ohne ein erhöhtes Aggressivitätsniveau auftreten (Sambraus, 1992).

Um den beschriebenen Verhaltensauffälligkeiten entgegenzuwirken, werden in der Praxis verschiedene Strategien angewendet. Sowohl ein erhöhtes Platzangebot als auch sogenanntes *enrichment*, also das Ausstatten des Haltungsbereiches mit verschiedenen Umweltreizen, können Schwanzbeißen und Bekauen bei Mastschweinen reduzieren (Beattie et al., 1996). *Enrichment* kann beispielsweise Spielzeug, Einstreu oder auch menschlicher Kontakt sein. Es kann helfen, das natürliche Verhalten zu zeigen und Stress zu reduzieren (Gentry et al., 2008). *Enrichment* ist bei der Reduzierung von Verhaltensstörungen bei Schweinen effektiver als ein erhöhtes Platzangebot, bei dem sich vor allem die Bewegungsaktivität der Tiere erhöht (Beattie et al., 1996). Ein eindeutiger Effekt von *enrichment* auf die Leistung und Fleischqualität von Mastschweinen konnte nicht nachgewiesen werden, auch wenn einige Studien eine Verbesserung der Fleischqualität vermerken (Hill et al., 1998; Gentry et al., 2008).

Um das Erkundungsbedürfnis der Schweine zu befriedigen, werden oft unterschiedliche Spielzeuge bereitgestellt. Die Tierschutznutztierhaltungsverordnung sieht vor, dass jedem Schwein bewegliche und veränderbare Gegenstände zur Beschäftigung anzubieten sind. In der Praxis wird häufig eine herabhängende Kette verwendet. Wie bei allen Spielzeugen verlieren die Tiere jedoch üblicherweise nach kurzer Zeit das Interesse an der Kette. Spielzeuge, die durch ihre hohe Manipulierbarkeit länger das Interesse der Schweine auf sich ziehen, sind jedoch meist nicht lange haltbar. Alternativ zu Beschäftigungsgegenständen kann auch Stroh oder anderes Substrat bereitgestellt werden, das die Ausübung des arttypischen Wühlens ermöglicht. Hierbei muss jedoch das gesamte Haltungssystem angepasst werden, da bei der Verwendung perforierter Böden jegliches Substrat zu Schwierigkeiten bei der Entmistung führt (Tuytens, 2005).

Enrichment durch Stroh oder Heu führt bei Mastschweinen dazu, dass sie sich vermehrt mit dem Substrat statt mit Artgenossen beschäftigen (Beattie et al., 2000). Die Gesamtaktivität der Schweine steigt, was auf die erhöhte Beschäftigung mit dem Substrat zurückzuführen ist. Weibliche Tiere sind dabei aktiver als Kastraten. Stangenbeißen und Aggressionen sind reduziert (Jordan et al., 2008). Zudem sind die Futteraufnahme und die Leistung am Mastende erhöht. Außerdem können bestimmte Parameter der Fleischqualität verbessert sein (Beattie et al., 2000).

Verhaltensstörungen wie Schwanzbeißen können durch die Bereitstellung von Stroh reduziert werden. Dabei ist vor allem langes Stroh wirksam, gehäckseltes Stroh dagegen nicht. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Beschäftigung mit kurzem Stroh frustrierend für die Tiere ist (Day et al., 2008). Der Einsatz von Stroh als Stimulator von Explorationsverhalten ist besonders bei restriktiv gefütterten Tieren von Vorteil, da bei diesen sonst gehäuft Verhaltensanomalien auftreten (Tuytens, 2005). Die Bereitstellung von Stroh wirkt sich außerdem positiv auf den Komfort der Tiere und die Kontrolle des Mikroklimas aus (Tuytens, 2005).

Darüber hinaus ist die Verwendung von Stroh auch aus ernährungsphysiologischer Sicht vorteilhaft für die Schweine. Sie fressen stets einen Teil des Strohs und nehmen so größere Rohfasermengen auf. Die dadurch erhöhte Sättigung der Schweine trägt zu einer Senkung der Erkundungsmotivation und der damit verbundenen Verhaltensstörungen bei. Das Stroh muss dabei nicht zwangsläufig als Einstreu vorliegen. Auch die Bereitstellung von Raufutterautomaten kann Anomalien wie Schwanzbeißen bei Schweinen verringern (Krötzel et al., 1994).

Hunger gilt allgemein als Auslöser für Verhaltensstörungen. Eine Reduzierung des Hungers kann daher eine Verbesserung des Tierwohls bedeuten (Danielsen & Vestergaard, 2001). Eine unbefriedigte Fressmotivation kann bei Schweinen zu Stereotypen und aggressivem Verhalten führen (Ramonet et al., 1999; Danielsen & Vestergaard, 2001). Bei hungrigen Jungsauen wurden vermehrtes orales Verhalten und längere Stehzeiten festgestellt (de Leeuw & Ekkel, 2004). Die Dauer des Stehens wiederum korreliert bei tragenden Sauen mit dem Auftreten von Stereotypen (Boyle & Stewart, 2007). Die Aktivität ist jedoch eine bessere Maßzahl für die Sättigung eines Tieres als das Auftreten von Stereotypen (de Leeuw et al., 2008).

Es gibt auch Hinweise darauf, dass nicht der Mangel an manipulierbarem Substrat, sondern der Mangel an aufgenommener Energie bei Sauen zu Stereotypen führt (Bergeron & Gonyou, 1997). Ein hoher Sättigungsgrad verbessert das Tierwohl also insgesamt anscheinend besser als die Bereitstellung von Substrat. Bestimmte Stressparameter wie Cortisol werden allerdings stärker durch die Verfügbarkeit von Substrat wie beispielsweise Späne als durch eine gute Sättigung beeinflusst (de Leeuw & Ekkel, 2004).

2.3 Rohfaser

2.3.1 Definition und Analytik

Der Begriff Rohfaser ist ein Sammelbegriff für eine relativ uneinheitliche Stoffgruppe. Er umfasst die Summe an Lignin und unverdaulichen Polysacchariden (Johnston et al., 2003). Dies beinhaltet pflanzliche Gerüstsubstanzen wie Cellulose und Hemicellulose sowie unter anderem Betaglucone, Pentosane, Suberin und Cutin (Jeroch et al., 1999).

Für die Ermittlung des Rohfasergehalts eines Futters werden standardisierte Methoden der Futtermittelanalyse verwendet. Die Weender Futtermittelanalyse wurde im Jahr 1860 von Henneberg und Strohmam in Weende entwickelt. Bei dieser Methode werden allerdings nur bestimmte Nährstoffgruppen erfasst. Diese werden zum Teil chemisch-analytisch, zum Teil rechnerisch bestimmt. Zunächst wird die Trockenmasse durch Trocknung festgestellt. Der organische Anteil der Probe wird im Muffelofen verbrannt, der anorganische Rückstand bezeichnet die Rohasche. Der organische Anteil besteht aus Rohprotein, Rohfett und Rohfaser. Der Rohfaseranteil beschreibt den in Laugen und Säuren unlöslichen fett-, stickstoff- und aschefreien Anteil der Trockenmasse. Der in Lösung gehende Teil wird den stickstofffreien Extraktstoffen zugerechnet.

Die Analyse nach van Soest ermöglicht die weitere Unterteilung des Rohfaseranteils. Zunächst wird der Anteil an Neutral-Detergenz-Faser (NDF), also der Rückstand nach Kochen in neutraler Detergenzlösung, bestimmt. Er entspricht der Summe von Hemicellulose, Cellulose und Lignin. Die Säure-Detergenz-Faser (ADF), also der Rückstand nach Kochen in schwefelsaurer Detergenzlösung, besteht im Wesentlichen aus Cellulose und Lignin. Durch Subtraktion des Anteils ADF von NDF erhält man daher den Anteil an Hemicellulose. Bei einer weiteren Behandlung mit Schwefelsäure wird die Cellulose hydrolysiert und man erhält den Anteil an ADL (Säure-Detergenz-Lignin), also Lignin. Der Celluloseanteil kann nun rechnerisch ermittelt werden durch die Subtraktion des ADL von ADF (Kirchgeßner et al., 2008).

2.3.2 Verdauungsphysiologische Aspekte

Schweine besitzen einen einhöhligen-zusammengesetzten Magen und benötigen Futter mit einer hohen Nährstoffdichte. Ihr Magen-Darm-Trakt hat ein relativ geringes Fassungsvermögen. Die Verdauung der Nahrung findet hauptsächlich enzymatisch im Dünndarm statt. Für Mastschweine wird eine Verdaulichkeit des Futters von 80 % empfohlen (Kirchgeßner et al., 2008).

Die Verdauung von Rohfaser findet beim Schwein bakteriell im Dickdarm statt. Allgemein wird Rohfaser vom Schwein nur schlecht verdaut und liefert kaum verwertbare Energie (Kirchgeßner et al., 2008). Dennoch ist ein Minimum an Rohfaser für die Funktionalität des Verdauungstraktes beim Schwein nötig (Noblet & Le Goff, 2001). Je älter das Schwein wird, desto besser kann es Rohfaser verdauen. Daher ist die Verdaulichkeit bei Ferkeln noch sehr gering, steigt beim wachsenden Schwein zunehmend an und ist bei adulten Tieren wie zum Beispiel Zuchtsauen am höchsten (Johnston et al., 2003). Le Goff et al. (2002) begründen dies damit, dass ausgewachsene Tiere einen größeren Gastrointestinaltrakt hätten und so eine längere Verweildauer des Futterbreis im selbigen gegeben sei. Abgesehen vom Alter des Tieres ist die Verdaulichkeit abhängig von der Menge und mehr noch von der Art und dem botanischen Ursprung der Rohfaser (Stanogias & Pearce, 1985, Le Goff et al., 2002).

Das Polysaccharid Cellulose ist die am häufigsten vorkommende organische Verbindung überhaupt (Keppler & Ding, 1997). Cellulose ist ein Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwand und liegt dort in Mikrofibrillen als Gerüstsubstanz vor (Kirchgeßner et al., 2008). Sie besteht aus Glukosemonomeren, die β -1,4-glycosidisch verknüpft sind (Keppler & Ding, 1997). Säuger bilden bei ihrer Verdauung keine körpereigenen Cellulasen, die diese Verknüpfungen spalten können (Wehner & Gehring, 1995). Cellulose ist daher für das Tier nur energetisch verfügbar, wenn sie durch Mikroorganismen wie Pansenbakterien oder Dickdarmbakterien wie beim Schwein abgebaut wird (Kirchgeßner et al., 2008).

Das im Wesentlichen α -1,4-glycosidisch verknüpfte Polysaccharid Pektin ist dagegen fast vollständig verdaubar (Kirchgeßner et al., 2008).

Als Hemicellulose wird eine Gruppe verschiedener nichtcellulosischer Polysaccharide bezeichnet, die den Großteil der Matrix der pflanzlichen Zellwand bilden. Hemicellulosen

bestehen aus verschiedenen Monosacchariden (Nultsch, 2001). Ihre Verdaulichkeit ist beim Schwein etwas besser als die von Cellulose (Noblet & Le Goff, 2001).

Lignin ist im Gegensatz zu anderen Rohfaserarten kein Kohlenhydrat, sondern eine aromatische Kohlenwasserstoffverbindung, die in Holz und verholzten Pflanzenteilen vorkommt (Kirchgeßner et al., 2008). Lignin wird vom Schwein nicht verdaut und fermentiert (Graham et al., 1986; Noblet & Le Goff, 2001). Gleichzeitig hemmt Lignin die Verdaulichkeit anderer Futterkomponenten (Johnston et al., 2003).

Beim Schwein beschleunigt ein hoher Rohfaseranteil im Futter die Digestapassage im Darm. Die Verdaulichkeit des Futters sowie die Futteraufnahme werden dadurch gesenkt (Jeroch et al., 1999). Dabei spielt jedoch die Art der Faser eine entscheidende Rolle. Je größer der Anteil an Neutral-Detergenz-Faser ist, desto höher ist die Passagerate (Stanogias & Pearce, 1985). De Leeuw et al. (2004) stellten fest, dass ein hoher Anteil an fermentierbarer Rohfaser den Blutzucker- und Insulinspiegel von Sauen stabilisiert und so vermutlich das Sättigungsgefühl der Tiere verlängert. Eine langfristige Fütterung von Rohfaser kann nach Wenk (2001) die anatomischen und physiologischen Merkmale des Verdauungstraktes beim Schwein verändern. Umgekehrt konstatieren Martens et al. (2006), dass Mastschweine beim Entzug von Stroh als Rohfaserquelle bereits nach einer Woche Schäden in der Magenschleimhaut aufwiesen, die erst nach vierwöchiger Bereitstellung von Stroh wieder behoben waren. Die schützende Wirkung der Rohfaser wird von den Autoren damit begründet, dass ein hoher Rohfasergehalt der Senkung des pH-Wertes im Magen entgegenwirkt und die Magenschleimhaut vor der Magensäure über längere Zeit geschützt ist. Drochner (1999) dagegen argumentiert, dass durch rohfaserreiches Futter der Magen fast immer Nahrungsbrei enthält und dadurch der Magen-pH-Wert gesenkt ist. Dies sei als positiv zu bewerten. Auch Johnston et al. (2003) sehen bei hohen Rohfasergaben eine erhöhte Sekretion des Magensaftes, der den Magen vor schädlichen Mikroorganismen sowie chemischen und physikalischen Verletzungen schützt.

Im Darm führt ein hoher Rohfasergehalt zu einer Lumenvergrößerung. Die Sekretionsleistung der Darmanhangdrüsen wird erhöht und Fehlgärungen im Dickdarm werden dadurch verhindert (Drochner, 1999). Ein weiterer physiologischer Aspekt von Rohfaser wird von Lee & Close (1987) beschrieben, die auf die erhöhte Körperwärme von Schweinen durch rohfaserreiche Fütterung hinweisen, was bei kalten Temperaturen von Vorteil sein kann.

Positive verdauungsphysiologische Effekte wurden nicht nur beim Schwein nachgewiesen, sondern auch bei anderen monogastrischen Säugern, wie beispielsweise Ratten (Dongowski et al., 2002), aber auch bei Menschen (Marlett et al., 2002).

2.3.3 Effektive Konzentration und Herkunft in der Schweinefütterung

Für die Fütterung von Sauen und Jungsauen sieht die EU-Richtlinie 2001/8/EG des Rates zur Änderung der Richtlinie 91/6307EWG über die Mindestanforderung für den Schutz von Schweinen ein Futter mit einem hohen Rohfaseranteil vor. Analoge Empfehlungen für Mastschweine bestehen derzeit nicht. In der konventionellen Fütterung wird für Mastschweine ein maximaler Rohfaseranteil von 6 % empfohlen. In der Endmast kann dieser bis zu 7% betragen (Kirchgeßner et al., 2008). Viele positive Auswirkungen der Rohfaser auf Verhalten und Verdauung zeigen sich erst bei einer höheren Rohfaserkonzentration. Für Sauen konnte bei einem Rohfasergehalt von 8 bis 20 % eine positive Wirkung auf das Verhalten und Wohlbefinden nachgewiesen werden. Der optimale Rohfasergehalt ist dabei abhängig von verschiedenen Umwelt- und Fütterungsfaktoren (Boyle & Stewart, 2007). Wissenschaftlich fundierte Angaben für Mastschweine gibt es bisher nicht.

Die Herkunft der Faser ist nach de Leeuw et al. (2008) für verhaltensbiologische Studien nicht relevant. Der Einfluss auf die Aktivität von Sauen beispielsweise ist abhängig von der Fermentierbarkeit der Faser. Während die Wirkung hoch fermentierbarer Rohfaser viele Stunden anhält, wirkt schlecht fermentierbare Rohfaser nur unmittelbar nach dem Fressen.

Zur Untersuchung der Wirkung von Rohfaser wurden in den in der vorliegenden Arbeit aufgeführten Studien unterschiedliche Rohfaserträger verwendet. Dazu zählten häufig Zuckerrübenschnitzel (Brouns et al., 1994; Braund et al., 1998; Danielsen & Vestergaard, 2001; McGlone & Fullwood, 2001; Le Goff et al., 2002; de Leeuw et al., 2004), aber auch Haferspелzen, Luzerne, Weizenkleie oder Sojahülsen (Bergeron et al., 2000; Le Goff et al., 2002; Robert et al., 2002; Renaudeau et al., 2003; Holt et al., 2006). Oft kam auch eine Mischung verschiedener Rohfaserträger zum Einsatz (Ramonet et al., 1999; Danielsen & Vestergaard, 2001; Guillemet et al., 2006; Guillemet et al., 2007; Quesnel et al., 2009).

2.3.4 Herstellerangaben zum verwendeten Produkt

Das in der vorliegenden Arbeit verwendete Produkt Arbocel der Firma J. Rettenmaier & Söhne (JRS) ist ein Lignocellulose-Rohfaserkonzentrat. Es findet als Futtermittelzusatz ebenso Verwendung wie unter anderem in der pharmazeutischen Industrie, in der Bauchemie und in der Papierindustrie. Der Futtermittelzusatz Arbocel R ist für den Einsatz in der Fütterung von trächtigen Sauen, Jungsauen und Mastschweinen in der Endmast konzipiert.

Die Hauptbestandteile des Produkts sind Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Es hat nach Angaben des Herstellers einen Rohfasergehalt von über 65 %. Zudem hat es ein sehr hohes Wasserbindevermögen von 1:8. Das vollständige Aufquellen sei bereits in weniger als einer Minute erreicht. Zudem sei es auch problemlos in der Flüssigfütterung anzuwenden.

Der Hersteller garantiert, dass das Produkt frei von Mykotoxinen ist. Durch das spezielle Verfahren der HPC (Hydroxypropylcellulose)-Fibrillierung besäße der Produkt zudem eine Mykotoxinbindewirkung. Die so fibrillierten Fasern regten außerdem die Darmperistaltik an und beugten Verstopfungen vor.

Das hohe Quellvermögen des Produkts bewirke eine schnelle und lang anhaltende Sättigung. Seine Anwendung führe in der Aufzucht von Jungsauen zur Ausbildung eines großvolumigen Magens und in der Trächtigkeit zu einer Dehnung des Magens. Die Folge seien eine maximale Futteraufnahme und eine optimale Milchleistung.

Arbocel R erhöht nach Aussage des Herstellers die Wasseraufnahme der Tiere. Wissenschaftlich belegt seien außerdem ein schnellerer Geburtsverlauf, mehr lebend geborene Ferkel mit höherem Geburtsgewicht und vitalere Ferkel mit schnellerem Erstkontakt am Gesäuge. Im Gegensatz zu anderen Rohfaserträgern soll das Produkt die Verdaulichkeit von Rohprotein und Rohfett verbessern.

Die Fütterungsempfehlungen belaufen sich auf 1 bis 3 % für Jungsauen und rationiert gefütterte Sauen und 2 bis 6 % für *ad libitum* gefütterte Sauen. Für Mastschweine wird 1% während der gesamten Mast empfohlen und bis zu 3 % bei *ad libitum*-Fütterung in der Endmast (JRS, 2011).

2.3.5 Einfluss auf das Verhalten von Schweinen

Hohe Rohfasergaben wirken sich deutlich auf das Fressverhalten von Schweinen aus. Da Rohfaser vor allem in der Fütterung von Sauen häufig Verwendung findet, ist diese Tiergruppe auch bei der Untersuchung des Futteraufnahmeverhaltens im Hinblick auf rohfaserreiche Kost am meisten vertreten. Beim Einsatz von verschiedenen Rohfaserarten wurde eine deutlich reduzierte Fressrate von Sauen festgestellt (u.a. Robert et al., 2002). Da Sauen zumeist nicht *ad libitum* gefüttert werden, sondern eine definierte Ration erhalten, ergibt sich bei einer langsameren Aufnahme der Ration eine erhöhte Fressdauer. Diese verlängert sich bei der Fütterung von Sauen mit einer ballaststoffreichen Ration um das Doppelte bis Dreifache (Brouns et al., 1994; Robert et al., 1997; Braund et al., 1998; Ramonet et al., 1999; Danielsen & Vestergaard, 2001). Die Fressrate reduziert sich dabei um mindestens 20 % (Meunier-Salaün et al., 2001). Wie stark die Fressrate reduziert wird, hängt vom Rohfaseranteil im Futter ab. Bei einem sehr hohen Rohfaseranteil von 18,1 % fanden Ramonet et al. (1999) eine Verringerung der Fressrate um bis zu 56 %. Dabei weisen sie auf die große Individualität der Tiere hin, die den Einfluss des Einzeltieres unter Umständen größer als den des Futters werden lässt. Holt et al. (2006) erhielten bei der Fütterung von Sauen mit Sojähülsen um 6 bis 29 % verlängerte Fresszeiten. Dabei vergrößerte sich der Unterschied zur Kontrollgruppe im Versuchsverlauf von 80 Tagen stetig.

Bei einer Untersuchung von Sauen in tropischem Klima fanden Renaudeau et al. (2003) dagegen keine Auswirkungen ballaststoffreichen Futters. Die untersuchten Parameter Mahlzeitenzahl, aufgenommene Futtermenge und Fressrate unterschieden sich nicht signifikant zwischen Rohfaser- und Kontrollgruppe.

Die beobachteten Veränderungen im Futteraufnahmeverhalten sind auf die größere Sättigung durch die Fütterung von Rohfaser zurückzuführen. Dabei spielt die erhöhte Magenfüllung eine entscheidende Rolle (Danielsen & Vestergaard, 2001). Ein Indikator für stärkere Sättigung sind Versuche mit operanter Konditionierung nach Skinner (1938), bei denen Sauen als Folge von rohfaserreicher Fütterung nur eine geringe Fressmotivation zeigten (Robert et al., 1997). Die Antwort auf solche Tests kann dabei um bis zu 30 % geringer ausfallen als bei konventionell gefütterten Tieren (Meunier-Salaün et al., 2001). Bergeron et al. (2000) stellten dagegen keine reduzierte Fressmotivation in Tests mit operanter Konditionierung bei tragenden Sauen fest. Auch die Reduzierung von Stereotypen, die in Verbindung mit dem Futteraufnahmeverhalten auftreten, wird als

Indikator für eine verbesserte Sättigung der Tiere betrachtet (Robert et al., 2002). Meunier-Salaün et al. (2001) weisen jedoch darauf hin, dass eine Reduzierung der Fressmotivation durch Rohfaser nur dann auftritt, wenn der Nährstoffbedarf der Tiere gedeckt wird. Die erhöhte Sättigung durch rohfaserreiches Futter wird hier dadurch erklärt, dass eine kontinuierliche Nährstoffabsorption und eine größere mikrobielle Fermentation des Futters stattfinden. Eine verbesserte Sättigung ist bei Schweinen wegen ihrer entscheidenden Rolle bei der Entstehung von Verhaltensanomalien als Beitrag zu einem erhöhten Tierwohl zu werten (Danielsen & Vestergaard, 2001).

Die Aufnahme einer rohfaserreichen Futtermischung führt bei Schweinen im Allgemeinen zu einer Verringerung der Gesamtaktivität. Das konnte für Sauen in verschiedenen Studien nachgewiesen werden (Lee & Close, 1987; Brouns et al., 1994; Whittaker et al., 1999). Insbesondere gilt dies für die Zeit kurz nach dem Fressen. So konnten Bergeron et al. (2000) bei rohfasergefütterten tragenden Sauen eine reduzierte Aktivität für zwei Stunden nach der Fütterung feststellen. Werden die Tiere *ad libitum* gefüttert, ist der Einfluss von Rohfaser auf die Aktivität noch ausgeprägter (Bergeron et al., 2000).

Mit der reduzierten Aktivität gehen verlängerte Liegezeiten bei rohfaserreicher Fütterung einher (Robert et al., 1993; Danielsen & Vestergaard, 2001). Stewart et al. (2011) untersuchten den Einfluss auf die Liegezeit noch genauer. So konnte bei rohfaserreich gefütterten tragenden Sauen eine erhöhte Ruhedauer mit geschlossenen Augen nachgewiesen werden. Die Gesamtdauer der inaktiven Zeit war jedoch geringer als bei den Kontrolltieren. Dennoch kommen die Autoren der Studie zu dem Schluss, dass ein hoher Rohfasergehalt des Futters das Ruheverhalten fördert.

Auch in Freilandhaltung konnte ein beruhigender Effekt rohfaserhaltigen Futters nachgewiesen werden. Rohfaserreich gefütterte Sauen ruhten insgesamt mehr als Kontrolltiere und bereits kurz nach dem Fressen, während die Kontrolltiere auch nach dem Fressen länger mit Futtersuchverhalten beschäftigt waren (Braund et al., 1998).

Eine gute Sättigung durch rohfaserreiches Futter führt nach Bolhuis et al. (2010) zu einer verringerten Aktivität. Den gleichen Effekt hat resistente Stärke als Ballaststoff im Futter. Sie verbessert die Sättigung und reduziert die Aktivität und allgemeine Unruhe bei Mastschweinen. Das Tierwohl wird dadurch effektiv verbessert.

Die Haltung auf Stroh als Rohfaserquelle hat keinen Einfluss auf die Aktivität von Mastschweinen oder kann sie sogar erhöhen. Insbesondere frisches Stroh regt die

Aktivität der Schweine eher an (Fraser et al., 1991). Auch die zusätzliche Bereitstellung verschiedener Raufutter hat diesen Effekt. Høøk Presto et al. (2009) stellten fest, dass Mastschweine aktiver waren, wenn ihnen verschiedene Sorten Raufutter im Außenbereich zur Verfügung gestellt wurden, und sie sich vermehrt beim Raufutter aufhielten.

Nicht in allen Studien konnte eine reduzierte Aktivität von rohfaserreich gefütterten Schweinen nachgewiesen werden. Holt et al. (2006) ermittelten im Gegenteil eine verminderte Ruhedauer bei mit Sojahülsen gefütterten Sauen. Auch McGlone & Fullwood (2001) konnten bei Sauen, die mit Rübenschnitzel gefüttert wurden, kein Auswirkungen auf das Aktivitätsverhalten feststellen.

Einhergehend mit der reduzierten Aktivität zeigen Schweine auch ein vermindertes Erkundungsverhalten, wenn sie rohfaserreiches Futter fressen. Nach Brouns et al. (1994) zeigen Sauen orales Verhalten als Teil der Erkundung weniger, wenn sie eine rohfaserreiche Ration erhalten. Danielsen & Vestergaard (2001) fanden bei tragenden Sauen sowohl bei der Fütterung mit Zuckerrübenschnitzel als auch mit einer Mischung aus Rohfasern verschiedener Herkunft weniger Futtersuchverhalten.

Dies zeigt sich nach Braund et al. (1998) auch in Weidehaltung. Vor allem direkt nach dem Fressen wird keine Futtersuche mehr gezeigt, während rohfaserarm gefütterte Kontrolltiere auch nach dem Fressen weiter nach Futter suchen, grasen und auf Steinen kauen. Eine rohfaserreiche Fütterung führt auch dazu, dass Schweine weniger an der Tränke spielen. Als Folge nehmen sie weniger Wasser auf und geben weniger Urin ab (Lee & Close, 1987). Die Bereitstellung von Raufutter wie Heu und Stroh regt das Erkundungsverhalten der Tiere eher an (Høøk Presto et al., 2009). McGlone & Fullwood (2001) dagegen sprechen keine Empfehlung für rohfaserreiches Futter aus, da sie bei rohfaserreicher Fütterung mit Rübenschnitzeln keine Auswirkung auf das orale Verhalten tragender Sauen fanden.

Verhaltensanomalien beim Schwein werden laut Hörning (1999) meist in Zusammenhang mit dem Erkundungsbedürfnis der Tiere gebracht. Das Auftreten stereotypen Verhaltens korreliert bei Schweinen zudem positiv mit der stehend verbrachten Zeit (Boyle & Stewart, 2007). Die Reduktion von Aktivität und Erkundungsbedürfnis durch rohfaserreiches Futter hat daher auch eine Verminderung von Verhaltensstörungen zur Folge. Dies konnte an Sauen für stereotypes Verhalten (Robert et al., 1993) ebenso nachgewiesen werden wie für Leerkauen und aggressives Verhalten (Danielsen &

Vestergaard, 2001) und das bei Sauen oft auftretende Vulva-Beißen (Whittaker et al., 1999). Im Gegensatz dazu fanden Holt et al. (2006) bei Rohfaserfütterung von Sauen keinen Effekt auf das Auftreten von stereotypem Verhalten.

Insbesondere im zeitlichen Zusammenhang mit der Fütterung treten solche Verhaltensstörungen auf, die auf eine unzureichende Sättigung schließen lassen. Das am häufigsten auftretende stereotype Verhalten vor der Morgenfütterung ist beispielsweise das Bekauen von Objekten (Robert et al., 2002). Daher zeigt sich die Auswirkung von rohfaserreicherem Futter auf Verhaltensanomalien bei Rationierung des Futters besonders stark vor und nach der Fütterung. Bergeron et al. (2000) fanden verminderte Stereotypen bei tragenden Sauen im Zeitraum von zwei Stunden nach dem Füttern. Robert et al. (1997) stellten ebenfalls verminderte Stereotypen nach dem Fressen fest. Auch vor dem Füttern reduziert Rohfaser bei Sauen Stereotype sowie das Auftreten von Vokalisation (Robert et al., 2002).

Stroh als Beschäftigungsmaterial kann ebenfalls eine Reduktion von Verhaltensstörungen bewirken. So wurde bei Mastschweinen nachgewiesen, dass weniger an Artgenossen geknabbert wird, wenn die Tiere Stroh erhalten (Fraser et al., 1991). Stewart et al. (2011) fanden bei rohfasereich gefütterten Sauen ein erhöhtes Ruheverhalten, jedoch zunächst keine Verminderung von Stereotypen. Diese konnte nur bei gleichzeitiger Gabe von Stroh festgestellt werden.

Energiearme Rationen können bei Schweinen dazu führen, dass stereotypes Verhalten vor dem Füttern gehäuft auftritt sowie die Herzfrequenz der Tiere erhöht ist. Rohfasereiches Futter ist daher bei der Reduzierung von Verhaltensanomalien nur effektiv, wenn gleichzeitig eine ausreichende Nährstoffversorgung sichergestellt ist (Robert et al., 1997).

Rohfasereiches Futter kann auch bestimmte Stressparameter senken. So ist der Herzschlag als Antwort auf das Füttern bei Sauen gesenkt (Robert et al., 1997). Bei Pferden konnte festgestellt werden, dass rohfasereich gefütterte Fohlen nach dem Absetzen weniger gestresst sowie in Temperamentstests neugieriger und ruhiger waren (Nicol et al., 2005).

Der Grund für eine Änderung des Aktivitäts- und Erkundungsverhaltens bei rohfasereicherer Fütterung liegt in der erhöhten Sättigung der Tiere (Lee & Close, 1987). Durch die Rohfaser im Futter wird die Freisetzung von Nährstoffen verlängert. Zudem wird Wasser gebunden und das Völlegefühl erhöht (Boyle & Stewart, 2007). Die

Fressmotivation der Schweine scheint deutlich befriedigter zu sein (Whittaker et al., 1999). Eine erhöhte Sättigung, die zu einer Reduzierung der Unruhe führt, ist als Verbesserung des Tierwohls zu werten (Bolhuis et al., 2010). Zudem führt eine vermehrte Sättigung anscheinend zu einer Verringerung von Stereotypen (Boyle & Stewart, 2007) sowie zu einer geringeren Motivation für Erkundung und orales Verhalten (Bergeron & Gonyou, 1997).

2.3.6 Einfluss auf die Leistung von Schweinen

Aufgrund der Eigenschaft von Rohfaser, die Verdaulichkeit bestimmter Nährstoffe herabzusetzen und den Energiegehalt des Futters zu verringern sowie die Sättigung der Tiere zu verbessern, ist die Mastleistung von ballaststoffreich gefütterten Schweinen häufig reduziert (Bindelle et al., 2008). Der Einfluss des Rohfasergehalts auf die Verdaulichkeit des Futters unterscheidet sich dabei in den verschiedenen Segmenten des Gastrointestinaltraktes (Wilfart et al., 2007). Es gilt, je höher der Rohfaseranteil im Futter ist, desto geringer ist die Wachstumsrate der Schweine (Lee & Close, 1987). Daher fand Rohfaser in der Schweinemast bisher kaum Anwendung. Da die Fähigkeit zur Verdauung von Rohfaser beim wachsenden Schwein stetig ansteigt, kann der Einsatz gerade in der Endmast jedoch durchaus sinnvoll sein. Die beschriebenen positiven Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Schweine können sich verbessernd auf die Leistung auswirken (Johnston et al., 2003). Vor allem in Haltungssystemen, in denen durch ballaststoffreiches Futter die Kosten gesenkt werden können, kann die Mast so trotz verlängerter Mastdauer ökonomisch sein. Dies kann beispielsweise auf extensive Systeme zutreffen (Bindelle et al., 2008).

Zudem sind die Ergebnisse der Forschung in Bezug auf die leistungsreduzierende Wirkung von Rohfaser bei Mastschweinen teilweise widersprüchlich. Morgan et al. (1998) fanden bei Mastschweinen, die durch Haltung auf Stroh eine erhöhte Rohfaseraufnahme hatten, sogar erhöhte Lebendmassezunahmen. Erklärbar ist dies möglicherweise durch das vergrößerte Magenvolumen der Tiere aufgrund der Aufnahme von größeren Mengen Stroh. Peeters et al. (2006) stellten bei ebenfalls auf Stroh gehaltenen Mastschweinen keinen Effekt auf die Fleischqualität und die Futtermittelverwertung fest. Nach Boyle & Stewart (2007) ist sogar eine übermäßige Gewichtszunahme und ein damit verbundener starker Ansatz von Rückenfett bei rohfaserreich gefütterten Mastschweinen möglich. Auch für Ferkel wurden Studien beschrieben, in denen keine leistungsreduzierende Wirkung von Rohfaser gezeigt werden konnte. Mateos et al. (2006) fütterten Ferkel mit 2 % oder 4 % Haferspелzen und konnten bei diesen geringen Konzentrationen keine Leistungseinbußen feststellen.

Systematische Studien über die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes unterschiedlicher Rohfaserträger in der Mastschweinefütterung und ihre optimale Dosierung liegen zu diesem Zeitpunkt nach Kenntnis der Verfasserin nicht vor.

2.3.7 Einfluss auf die Gesundheit von Schweinen

Neben dem Einfluss von rohfaserreichem Futter auf das Verhalten und die Mastleistung von Schweinen wurden auch positive Auswirkungen auf die Tiergesundheit festgestellt.

Den deutlichsten Einfluss hat eine rohfaserreiche Ernährung auf die Magen-Darm-Gesundheit (Lee & Close, 1987). Faserhaltiges Futter ist vor allem geeignet, Durchfälle zu verhindern, wie sie gehäuft bei Ferkeln auftreten. So konnte durch den Einsatz eines cellulosehaltigen Rohfaserpräparates die Häufigkeit von Durchfall bei Ferkeln um rund die Hälfte gesenkt werden (Weber et al., 2007).

Bei wachsenden Schweinen kommen Magengeschwüre weltweit verbreitet vor. Besonders histologische Veränderungen eines bestimmten Magenabschnitts, der pars proventricularis, sind sehr häufig. Epithelschäden in diesem Bereich führen zu Appetitverlust, Bewegungsunlust, Zähneknirschen und Erbrechen und sogar zum plötzlichen Tod. Neben haltungsbedingtem Stress wird vor allem das herkömmliche strukturarme Mastfutter mit einem hohen Vermahlungsgrad als Auslöser betrachtet. Es äquilibriert im Magen schnell mit dem Mageninhalt, was eine beschleunigte Senkung des pH-Wertes im Magen zur Folge hat. Zudem wird der Magen nach nur kurzer Zeit wieder entleert. Rohfaserreiches Futter führt dagegen dazu, dass der pH-Wert nur langsam absinkt und der Speisebrei länger im Magen verbleibt. Die Magenwand ist dadurch weniger lang der Magensäure ausgesetzt, die eine Schädigung des Epithels verursachen kann (Martens et al., 2006; Martens, 2012).

Mit Erkrankungen des Magens geht häufig auch eine gestörte Lungengesundheit einher. Veränderungen in der Lunge wiederum führen zu verminderten Schlachtgewichten und einer schlechten Fleischqualität (Minkus et al., 2004). Zudem ist das Tierwohl bei derlei Erkrankungen herabgesetzt. Begründet wird die Korrelation von Magen- und Lungengesundheit mit dem Übertritt von Erregern aus dem Magen in die Lunge. Eine verbesserte Magengesundheit kann also auch zu einer Senkung der Zahl der Lungenerkrankungen führen (Martens et al., 2006).

Schedle et al. (2006) wiesen zudem an Ferkeln nach, dass rohfaserreiche Futtermittelzusätze wie Weizenkleie und Pinienpollen einen positiven Effekt auf das Immunsystem haben. Sie stellten eine erhöhte Expression des Tumornekrosefaktors TNF α in Lymphknoten fest. TNF α ist ein Marker für die inflammatorische Aktivität

des Verdauungstraktes. Daraus lassen sich eine Immunaktivierung und erhöhte Abwehrkräfte des Tieres als Folge der rohfaserreichen Fütterung ableiten.

2.4 Kategorisierung von Verhaltenselementen

Viele Verhaltensweisen treten über die Zeit immer wiederkehrend auf. Dabei ist die zeitliche Verteilung nicht rein zufällig, sondern abhängig von der Motivation des Tieres, das Verhalten auszuführen. Einzelne Verhaltenselemente können zu größeren Einheiten, sogenannten *bouts*, zusammengefasst werden. Die *bouts* werden von längeren Pausen getrennt, in denen die Motivation zur Ausführung des Verhaltens zunächst gering ist und wieder ansteigt. Mit der Überschreitung eines bestimmten Schwellenwertes wird das Verhalten erneut ausgeführt. Innerhalb eines *bouts* trennen kurze Pausen die einzelnen Verhaltenselemente. Eine Kategorisierung in *bouts* findet bei der Analyse von zahlreichen Verhaltensweisen Anwendung, beispielsweise dem Singvogelgesang oder dem Fressverhalten (Catchpole & Slater, 1995, Naguib, 2006).

Verhaltensweisen, die zufällig verteilt auftreten, stellen nach Slater & Lester (1982) meist eine negative Exponentialfunktion dar. Zur Gliederung der Verhaltenselemente in *bouts* eignet sich nach Ansicht dieser Autoren die sogenannte *Log Survivorship* Funktion, bei der die kumulierte Häufigkeit der Pausendauer logarithmiert und gegen die Pausendauer aufgetragen wird. Der deutliche Bruch in der Kurve der Funktion stellt das Zeitkriterium dar, das kurze Pausen innerhalb des *bouts* von längeren Pausen zwischen den *bouts* trennt. Slater und Lester (1982) bezeichnen das so ermittelte Zeitkriterium als dasjenige, bei dem am wenigsten Werte der falschen Kategorie zugeordnet werden.

Eine Weiterentwicklung stellt die Logarithmierung der Pausendauer im *Log-normal* Modell dar, wie sie von Bigelow & Houpt (1988) für das Fressverhalten von Schweinen beschrieben wurde. Mahlzeiten und *bouts* im Fressverhalten treten nicht zufällig verteilt auf, sondern werden durch die Sättigung der Tiere reguliert. Das *Log-normal* Modell stimmt mit diesem biologischen Phänomen am besten überein (Tolkamp et al., 1998). In der graphischen Darstellung zeigen sich bei diesem Modell zwei Kurven, die jeweils einer Gauß'schen Glockenkurve entsprechen. Das Zeitkriterium liegt beim Schnittpunkt der beiden Kurven. Bei der Gruppierung von *bouts* des Fressverhaltens zu Mahlzeiten spricht man vom Mahlzeitenkriterium.

Es sollte jedoch auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die Verteilung der Werte mit drei normalverteilten Kurven übereinstimmt. Bei der Bestimmung des Mahlzeitenkriteriums für Ratten ist eine dreigipfelige Verteilung statistisch befriedigender und biologisch gut zu erklären (Berdoy 1993). Dies trifft auch für das

Fressverhalten des Schweins zu. Morgan et al. (2000) fanden bei einem Modell mit trimodaler Verteilung eine bessere Übereinstimmung mit den vorliegenden Werten als bei einem Modell mit bimodaler Verteilung. Die drei identifizierten Pausenarten bezeichnen sie als lange Pausen zwischen den Mahlzeiten, mittellange Pausen im Minutenbereich, die einzelne Fresscluster aus mehreren Fressereignissen trennen, und kurze Pausen im Sekundenbereich zwischen den Fressereignissen.

Bigelow & Houpt (1988) ermittelten für weibliche Mastschweine unter Verwendung des bimodalen Modells ein Mahlzeitenkriterium von rund zehn Minuten. Quiniou et al. (2000) fanden bei Nutzung der gleichen Methode für Börge ein Mahlzeitenkriterium von zwei Minuten, Hyun et al. (1997) dagegen ebenfalls für Börge ein deutlich größeres Kriterium von 28 Minuten. Das von Renaudeau et al. (2003) ermittelte Mahlzeitenkriterium für multipare Sauen lag bei rund fünf Minuten. Dabei weisen sie darauf hin, dass eine zu hohe Schätzung des Mahlzeitenkriteriums einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Muster des Fressverhaltens hat, eine zu geringe Schätzung jedoch einen größeren Effekt. Die Größe des Mahlzeitenkriteriums ist von den verwendeten Tieren und vor allem von den fütterungstechnischen Gegebenheiten abhängig.

Die Bestimmung von Zeitkriterien kann auch auf andere Verhaltensweisen übertragen werden. So ermittelte Rus (2010) ein Ruhekriterium, welches die Besuche von Schweinen in einem bestimmten Bereich in kurze Erkundungsbesuche und längere Ruhebesuche trennt.

3 Material und Methode

3.1 Versuchsdurchführung

Um den Einfluss einer rohfaserhaltigen Futterkomponente auf verschiedene Verhaltens- und Leistungsparameter von Mastschweinen zu untersuchen, wurden zwei Versuche im Vergleichsdesign durchgeführt. Dabei wurden die Versuchstiere jeweils direkt mit einer zweiten Tiergruppe, der Kontrollgruppe, verglichen. Dies hat den Vorteil, dass weitere Faktoren wie Umwelt und Wetter als die Versuchstiere beeinflussende Elemente ausgeschlossen werden können.

Die Versuchstiere erhielten ein rohfaserreiches Futter, die Kontrolltiere hingegen ein handelsübliches Mastfutter. Die Versuche unterschieden sich hinsichtlich des Rohfaseranteils im Versuchsfutter. Im ersten Versuch wurde ein mittlerer Rohfaseranteil eingesetzt, im zweiten ein hoher Anteil. Die Versuche wurden daher als MF (medium fibre)-Versuch und HF (high fibre)-Versuch bezeichnet.

Beide Versuche hatten die Dauer einer Mastperiode und wurden im Abstand von einigen Wochen durchgeführt. Die Datenerfassung erfolgte während beider Versuche kontinuierlich mit Hilfe eines sensorgesteuerten Systems, sowie zeitweise per Videoüberwachung. Außerdem wurde die Gewichtsentwicklung der Tiere verfolgt sowie die Schlachtkörper analysiert.

3.1.1 Versuchstiere

Für die Versuche standen insgesamt 56 kastrierte männliche Läufer aus einer kommerziellen Sauenzuchtanlage zur Verfügung. Alle Tiere entstammten einer Sauengruppe und waren Hybride aus Duroc x (Dänische Landrasse x Dänische Large White). In jedem der beiden Versuche wurden 28 Tiere verwendet. Zunächst wurden jeweils alle 28 Tiere als eine Gruppe eingestallt und die Trennung zwischen den Gehegen entfernt. Nach einer zweiwöchigen Eingewöhnung wurden zwei Gruppen von jeweils 14 Tieren gebildet, die ein gleiches mittleres Lebendgewicht aufwiesen. Dazu wurden die Tiere nach ihrem Gewicht sortiert und etwa gleichschwere Tiere zu Paaren zusammengefasst. Von jedem Paar wurde ein Tier der Versuchsgruppe, das andere der Kontrollgruppe zugewiesen. Waren die Partnertiere nicht exakt gleich schwer, wurde abwechselnd das Leichtere und das Schwerere der Versuchsgruppe zugeordnet.

Die mittleren Lebendgewichte der Gruppen (\pm Standardabweichung) zu Versuchsbeginn waren $23,0 \pm 2,6$ kg im MF-Versuch und $40,1 \pm 4,2$ kg im HF-Versuch. Nach Beendigung der Datenaufnahme am 98. bzw. 84. Tag betrug das mittlere Gewicht der Tiere $106,3 \pm 9,8$ kg (MF-Versuch) und $103,3 \pm 12,7$ kg (HF-Versuch).

Nicht alle Tiere konnten für die Datenauswertung berücksichtigt werden, da es zu Verlusten und Krankheiten kam (Tabelle 1). In die Analyse flossen die Daten von 11 bis 13 Tieren pro Gruppe ein.

Tabelle 1: Tierverluste.

Versuch	Gruppe	Tier	Verlustursache
MF-Versuch	Kontrolle	50345	Fieber, Gleichgewichtsstörungen
		50570	Fieber, Durchfall
	Versuchsgruppe	51487	Fieber, entzündete Gelenke
		51840	Fieber, Durchfall
		50957	Nabelbruch
HF-Versuch	Kontrolle	81419	Lahmheit
		95360	plötzlicher Tod
	Versuchsgruppe	09693	Mastdarmvorfall

3.1.2 Futter

Ziel der Untersuchungen war es festzustellen, ob ein Futter mit erhöhtem Rohfaseranteil eine Veränderung im Verhalten von Mastschweinen bewirkt. Dazu wurde in beiden Versuchen die Versuchsgruppe mit einem rohfaserreichen Futter gefüttert und mit der herkömmlich gefütterten Kontrollgruppe verglichen. Das Futter der Kontrollgruppe war ein handelsübliches Schweinemastfutter. Für die Versuchsgruppen wurde der Anteil an Weizen im Standardfutter um 6 % (MF-Versuch) bzw. 9 % (MF-Versuch) verringert und durch Lignocellulose ersetzt. Das verwendete Produkt war Arbocel® R der Firma J. Rettenmaier & Söhne GmbH + CO.KG, Rosenberg, Deutschland. Die Anteile von 6 % bzw. 9 % Lignocellulose ergaben sich aus den Herstellerempfehlungen von 3 % Lignocellulose für Mastschweine. Im vorliegenden Versuch wurde die doppelte bzw. dreifache Menge gewählt, um etwaige Auswirkungen deutlich messbar zu machen. Eine noch höhere Lignocellulosezugabe wurde ausgeschlossen, um eine ausreichende Energieversorgung der Tiere sicherzustellen.

Die Zusammensetzung der Futtermittel wurde im Labor der Fakultät mittels Weender Futtermittelanalyse und Detergenzienanalyse nach van Soest ermittelt. Die bestimmten Parameter umfassen Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, Rohasche, Neutral-Detergenz-Faser (NDF), Säure-Detergenz-Faser (ADF) und Säure-Detergenz-Lignin (ADL). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Nährstoffanalyse sowie die Inhaltsstoffe nach Herstellerangaben. Das Kontrollfutter enthielt 0,9 % Lysin, 0,75 % Calcium, 0,55 % Phosphor und 0,15 % Natrium. Es wurde kein Ausgleich an Aminosäuren und Mineralstoffen im Versuchsfutter vorgenommen, um die Akzeptanz des Futtermittels nicht durch zusätzliche Komponenten zu beeinflussen. Das Volumen beider Futtermittel war nahezu identisch.

Tabelle 2: Inhaltsstoffe und Nährstoffe des Versuchsfutters und des Kontrollfutters.

	Kontrollfutter	MF-Versuchsfutter	HF-Versuchsfutter
Trockensubstanz (%)	86,76	87,30	87,57
<i>Inhaltsstoffe (g/kg)</i>			
Weizen	439	379	349
Roggenkleie	150	150	150
Weizenkleie	120	120	120
Gerste	80	80	80
Rapskuchen	75	75	75
Sojaextraktionsschrot	66	66	66
Zuckerrübenmelasse	30	30	30
Roggen	17	17	17
Lignocellulose	-	60	90
<i>Nährstoffe (% TS¹)</i>			
Rohasche	5,13	5,07	5,04
Stickstoff	2,98	2,90	2,86
Protein	18,64	18,12	17,86
Rohfaser	5,18	7,33	8,39
Rohfett	2,37	2,16	2,05
NDF ²	22,42	26,80	28,99
ADF ³	6,86	9,98	11,54
ADL ⁴	2,09	3,16	3,45
Energie (ME MJ/kg)	12,6	11,92	11,58

1=Trockensubstanz, 2=Neutral-Detergenz-Faser, 3=Säure-Detergenz-Faser, 4=Säure-Detergenz-Lignin

3.1.3 Versuchszeitraum

Die Versuche fanden von März bis Juni (MF-Versuch) und September bis Dezember 2010 (HF-Versuch) statt. Die Zeiträume wurden so gewählt, dass sie die im Berliner Raum klimatisch gemäßigten Frühlings- und Herbstmonate vollständig abdeckten und nur ein geringer Anteil auf heiße Sommermonate und frostreiche Wintermonate entfiel. Da die Schweine während der Versuche in einer Außenanlage gehalten wurden, sollte so der Einfluss von extremen Wetterlagen minimiert werden.

Nach einer zweiwöchigen Gewöhnungszeit, in der die Tiere lernten, die einzelnen Gehegekomponenten zu bedienen, erfolgte die eigentliche Datenaufnahme über einen Zeitraum von 98 Tagen im MF-Versuch und 84 Tagen im HF-Versuch. Die Versuchszeit endete, sobald die ersten Tiere der Schlachtung zugeführt wurden. Zwei Wochen nach Versuchsende wurden die letzten Tiere geschlachtet. Die unterschiedlichen Schlachttermine sowie die abweichende Versuchslänge zwischen den Versuchen ergaben sich aus dem unterschiedlichen Wachstum der Schweine und dem Anspruch, ein optimales Schlachtgewicht von 110 kg für eine größtmögliche Tierzahl zu erreichen.

3.1.4 Haltung

Die Versuchsschweine wurden in einem Außenhaltungssystem auf dem Gelände der Tierversuchsanlage der Fakultät in Berlin-Dahlem gehalten. Die beiden Tiergruppen waren in zwei aneinander angrenzenden Gehegen untergebracht (Abbildung 1).

Jedes Gehege bestand aus einem Außenbereich von ca. 13,5 m², der von halbhohen Gittern eingezäunt war und jeweils einen Futterautomaten und eine Tränke enthielt (Fressbereich), sowie aus einer Hütte von 14,03 m², die durch ganzjährige Klimatisierung stets eine Temperatur von ca. 20° C aufwies und als Liegebereich diente (Ruhebereich). Zwischen der Hütte und dem Fressbereich befand sich ein kleiner, ca. 3,5 m² großer Außenbereich, der als „Vorhof“ zur Hütte angesehen werden kann und die Rampe enthielt, über die die leicht erhöhte Liegefläche der Hütte zu erreichen war. Dieser Vorbereich war vom Fressbereich durch zwei Durchgangstore getrennt, die nur in jeweils einer Richtung zu passieren waren und die Erkennung von einem Wechsel zwischen Fress- und Ruhebereich ermöglichten. Da sich die Tiere im Vorbereich nur kurzzeitig aufhielten, wurde dieser in der Auswertung der Daten als Teil des Ruhebereiches betrachtet.

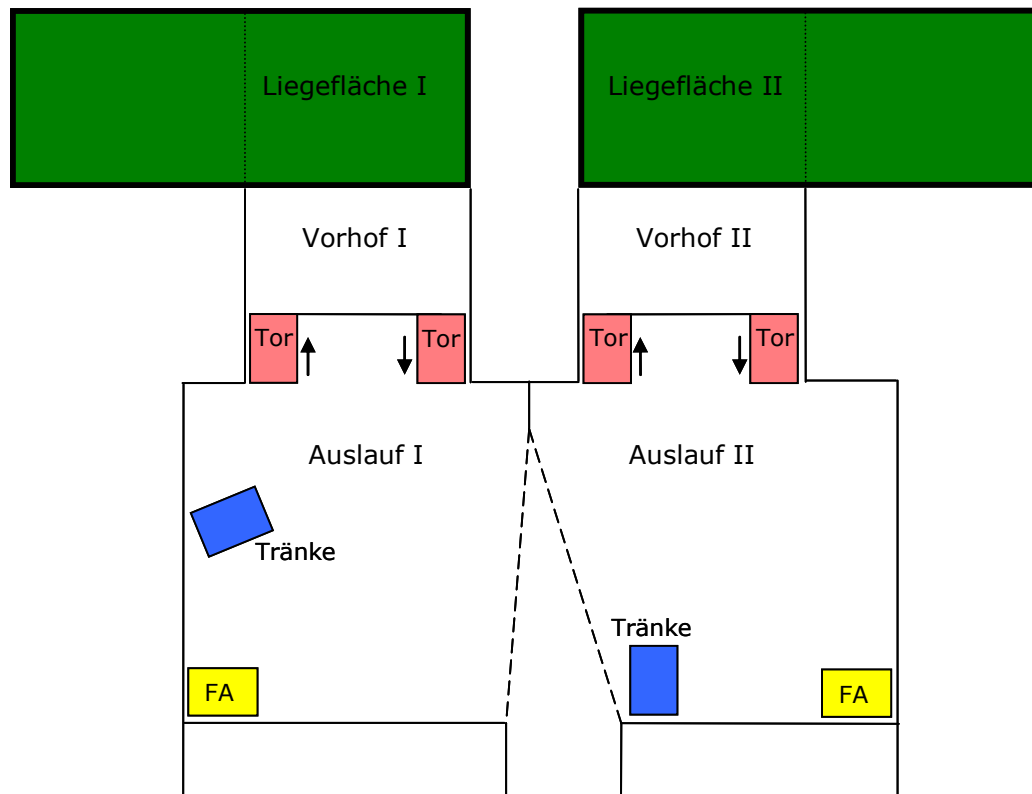


Abbildung 1: Aufbau der Versuchsanlage. FA: Futterautomat, Tor: Durchgangstor, Liegefläche: befestigte Hütte.

Der Außenbereich der Anlage war komplett betonierte und erlaubte kein Wühlen oder ähnliches Verhalten. Die Ruhehöhlen waren während der Versuche mit Vollspaltenboden ausgestattet, Stroh oder andere Einstreu wurde nicht verwendet. Um die Schweine zu animieren, ihren Kot ausschließlich im Außenbereich und nicht im Ruhebereich abzusetzen, wurde letzterer zu Beginn der Versuche durch Abteilung verkleinert. Nach 79 (MF-Versuch) bzw. 63 (HF-Versuch) Versuchstagen, bei einem mittleren Tiergewicht von 86 (MF) bzw. 88 (HF) kg, wurde der gesamte Ruhebereich zugänglich gemacht.

Um Einflüsse der Gehege auf die erhobenen Parameter auszuschließen, wurden die Gehege regelmäßig zwischen den Gruppen getauscht. Solche Einflüsse können beispielsweise durch unterschiedliche Bedienbarkeit der Komponenten oder ein unterschiedliches Mikroklima aufgrund von verschiedener Beschattung oder Wind entstehen. Der Wechsel zwischen den Gehegen fand im MF-Versuch zunächst ein Mal am 42. Versuchstag statt. Im HF-Versuch wurden die Intervalle zwischen den Wechseln weiter verkürzt und das Gehege drei Mal am 21., 42. und 63. Versuchstag getauscht.

Im HF-Versuch wurde den Tieren zusätzlich in den vier Versuchswochen 3, 6, 9 und 12 ein hängendes Spielzeug (Pendel) bereitgestellt. Der Rohfaser- und der Kontrollgruppe stand jeweils ein Spielzeug zur Verfügung.

Die Versuchsanlage befindet sich zentral auf dem Versuchsgelände und wird regelmäßig von Personal frequentiert. Die täglichen Arbeiten rund um das Versuchsgehege sowie natürliche Umweltreize boten den Tieren Abwechslung und Anreize, die in einer konventionellen Schweinehaltung in Innenräumen nicht gegeben sind.

3.1.5 Schlachtung

Beide Versuchsdurchläufe endeten jeweils mit der Schlachtung der Tiere. Angestrebt wurde ein Schlachtgewicht von 110 kg pro Tier. Die ersten Tiere wurden unmittelbar nach Beendigung der Datenaufnahme geschlachtet, eine weitere Gruppe eine Woche später und die verbleibenden Tiere eine weitere Woche später. Dabei wurde jeweils die gleiche Anzahl an Tieren aus der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe entnommen. Es wurden jeweils die schwersten Tiere aus beiden Gruppen geschlachtet, nicht alle Tiere hatten an den festgelegten Schlachtterminen daher das angestrebte Schlachtgewicht. Die Schlachtung wurde von der Emil Färber GmbH Großschlächtereie & Co. KG, Neuruppin durchgeführt, und die Schlachtkörper wurden konventionell verwertet.

Tabelle 3: Schlachtungen.

	Datum	Tierzahl Versuchsgruppe	Tierzahl Kontrollgruppe
MF-Versuch			
Schlachtung 1	07.07.2010	3	4
Schlachtung 2	14.07.2010	4	4
Schlachtung 3	19.07.2010	4	4
HF-Versuch			
Schlachtung 1	08.12.2010	2	2
Schlachtung 2	15.12.2010	4	4
Schlachtung 3	22.12.2010	7	6

3.2 Datenaufnahme

Zur Analyse des Einflusses der Lignocellulose auf die Versuchstiere wurden verschiedene verhaltensbiologische und leistungsbezogene Parameter aufgenommen. Das Verhalten der Tiere wurde mit Hilfe eines sensorgestützten Systems kontinuierlich erfasst und diese Erkenntnisse durch zeitweises Filmen ergänzt.

Die Daten zur Mastleistung der Tiere stammen aus regelmäßigen Wägungen sowie den Schlachtprotokollen.

3.2.1 Sensorgestützte Datenaufnahme

Erkennungsstellen

Jedes Gehege war mit vier RFID-Erkennungsstellen des IVOG (individual feed intake recording in group housing)-Systems der Firma Insentec B.V., Marknesse, Niederlande ausgestattet, die jeden Besuch eines Tieres individuell registrierten. Zu diesem Zweck trugen alle Schweine einen Ohrmarkenresponder im rechten Ohr, der mit einer sieben- oder achtstelligen Nummer versehen war (Abbildung 2).

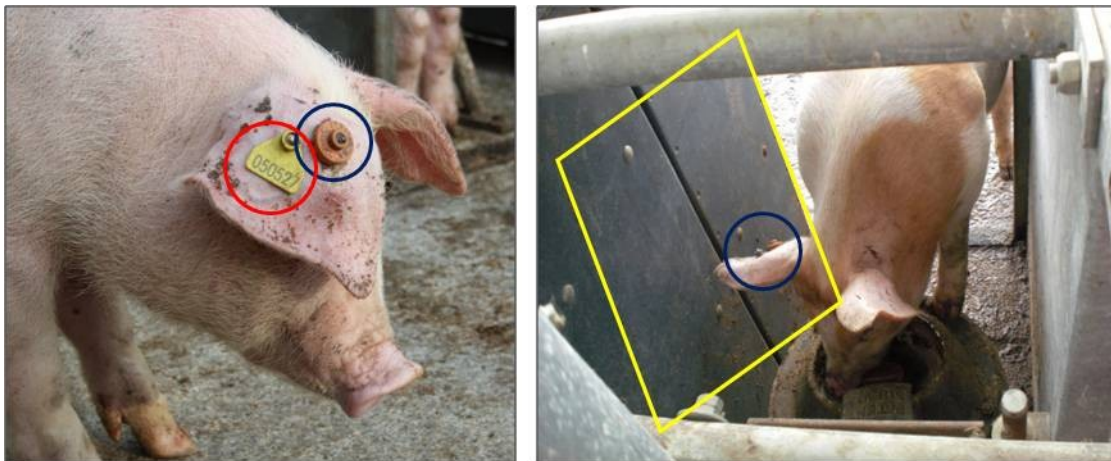


Abbildung 2: Ohrresponder (blau) und Ohrmarke (rot) am Tier sowie Platine in der Erkennungsstelle.

Die Erkennungsstellen befanden sich im Futterautomaten, in der Tränke sowie in zwei Durchgangstoren, die den Eingang und den Ausgang des Ruhebereiches darstellten (Tabelle 4). Somit war eine kontinuierliche Erfassung aller Besuche am Futterautomaten und an der Tränke sowie des Betretens und Verlassens des Ruhebereichs sichergestellt.

Tabelle 4: Nummern der Erkennungsstellen.

	Fortlaufende Nummer	Erkennungsstelle
Gehege I (links)	1	Futterautomat
	6	Tränke
	4	Eingang Ruhebereich
	3	Ausgang Ruhebereich
Gehege II (rechts)	2	Futterautomat
	5	Tränke
	7	Eingang Ruhebereich
	10	Ausgang Ruhebereich

Sobald ein Responder an einer Erkennungsstelle registriert wird, wird ein Datensatz erzeugt und über einen Zwischenspeicher an einen Rechner weitergeleitet. Die zugehörige Software speichert die Nummer des Responders und die zugeordnete Tiernummer, die Anfangs- und Endzeit des Besuchs in der Erkennungsstelle und die daraus resultierende Aufenthaltsdauer. Für die Futterautomaten wird zudem die enthaltene Futtermenge zu Beginn und am Ende des Besuchs gespeichert und die entnommene Futtermenge daraus abgeleitet. Alle Datensätze eines Tages werden als Liste in chronologischer Abfolge in Form einer Textdatei um 0:00:01 Uhr des Folgetages abgespeichert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Beispiel einer Rohdatenliste (Auszug).

Respondernr.	Tiernr.	Erken- nungs- stelle	Futtermenge zu Beginn	Futtermenge zum Ende	entnommene Futtermenge	Anfangszeit	Endzeit	Aufenthalts- dauer
80967	3691723	3	0.00	0.00	0.00	00:00:33	00:00:34	0.01
81084	20012876	10	0.00	0.00	0.00	00:02:34	00:02:36	0.02
50527	3691661	6	0.00	0.00	0.00	00:02:48	00:02:49	0.01
81084	20012876	5	0.00	0.00	0.00	00:02:45	00:03:04	0.19
81231	3691745	1	7.47	7.33	0.14	23:59:21	00:03:33	4.12

Futterautomaten

Pro Gehege stand den Tieren ein Futterautomat mit einem Fressplatz zur Verfügung (Abbildung 3). Durch einen im Boden eingelassenen Bügel wurde sichergestellt, dass sich kein Tier im Futterautomaten hinlegen und ihn so blockieren konnte. Außerdem war der Automat mit einem höhenverstellbaren Gitter ausgestattet, das kontinuierlich an die Größe der Tiere angepasst wurde und sicherstellte, dass über den Kopf des fressenden Tieres kein zweites Schwein in den Futterautomaten gelangen konnte.



Abbildung 3: Schwein im Futterautomaten.

Die Schweine konnten die Futterabgabe durch Bedienen einer Klappe selbst auslösen. Mit Hilfe von Wiegezellen wurde die im Automaten enthaltene Futtermenge zu Beginn und am Ende des Erkennungsereignisses registriert und die ausgegebene Futtermenge daraus berechnet. Das Nachfüllen des Futters aus einem integrierten Silo geschah automatisch.

Durchgangstore

Um den Ruhebereich zu betreten oder zu verlassen, mussten die Schweine jeweils ein Durchgangstor passieren. Diese Tore besaßen eine Gittertür an einer Seite, die nur in eine Richtung zu öffnen und daher für die Tiere auch nur in eine Richtung zu passieren war (Abbildung 4).



Abbildung 4: Durchgangstore zur Hütte (geöffnet).

Die Gittertüren schlossen durch eine Druckluftsteuerung automatisch. Der Luftdruck wurde mit steigendem Tiergewicht erhöht, um eine für die Erkennung des Responders ausreichend langsame Torpassage zu gewährleisten. Auch die Durchgangstore enthielten einen Bügel am Boden, um das Blockieren durch ein liegendes Schwein zu verhindern.

Tränken

Die Tränken bestanden aus einer handelsüblichen Beckenränke, die in einem einseitig begehbaren Torelement angebracht war (Abbildung 5). Die Zuleitungen zur Tränke waren beheizt und isoliert, um die Wasserzufuhr auch bei Frost sicherzustellen.



Abbildung 5: Tränke.

3.2.2 Videogestützte Datenaufnahme

Der Außenbereich der beiden Gehege war mit zwei Farbkameras ausgestattet, die die Fressbereiche der Gehege komplett abdeckten. Gefilmt wurde wöchentlich montags nach dem Wiegen von ca. 12 Uhr bis 18 Uhr und dienstags von ca. 6 Uhr bis 12 Uhr. Die Videoaufzeichnung wurde manuell gestartet und endete nach 6 Stunden automatisch. Wegen der großen Menge an entstandenem Videomaterial und der zeitaufwändigen Analyse wurde nur ein Teil der Filme zur Auswertung herangezogen. Ausgewertet wurden die Wochen 3, 6, 9 und 13 des MF-Versuchs und die Wochen 3, 6, 9 und 12 des HF-Versuchs. Die Auswahl dieser Wochen stellte sicher, dass alle Phasen der Mast in der filmischen Auswertung gleichermaßen repräsentiert waren.

Zur individuellen Erkennung der Tiere auf den Filmen wurden alle Schweine mit farbigen Zeichen markiert (Abbildung 6). Dazu wurde blaues, grünes und rotes Viehzeichenspray verwendet. Die Markierungen wurden wöchentlich direkt vor dem Filmen erneuert. Tiere, die an ihrer natürlichen Scheckung zu erkennen waren, wurden nicht markiert.



Abbildung 6: Beispiele für tierindividuelle Farbmarkierung.

3.2.3 Pendelspielzeug

Im Verlauf des HF-Versuchs wurde den Tieren zeitweise ein zusätzliches Spielzeug angeboten, um die Nutzungsintensität von Beschäftigungsmaterialien durch die verschiedenen Tiergruppen zu testen. Das Spielzeug bestand aus einer quadratischen Metallstange von 4 x 4 cm Kantenlänge und 130 cm Höhe, die als frei schwingendes Pendel ca. 30 cm über dem Boden angehängt wurde. Die Tiere bewegten dieses Pendel, indem sie es berochten, dagegenstießen und versuchten, hineinzubeißen (Abbildung 7). Jede Bewegung des Pendels wurde von einem Schrittzähler (Pedometer) aufgezeichnet, der am oberen Ende der Stange angebracht war. Es wurde ein ALT (Aktivität, Liegezeit, Temperatur)-Pedometer verwendet, dass üblicherweise zur Aktivitätsmessung größerer Weidetiere wie Rinder eingesetzt wird. Das Pedometer verfügt über einen Aktivitätssensor, zwei Lagesensoren und einen Temperatursensor. Ein integrierter Prozessor summiert die Zahl der Bewegungsimpulse und die Liegezeit über ein vorgegebenes Intervall. Im vorliegenden Fall erfolgte die Messung im 15-Minuten-Takt. Dies bedeutet, dass die Summe aller Bewegungen innerhalb von 15 Minuten angegeben wird und pro Tag 96 Datensätze entstehen. Dadurch wird die Verteilung der Bewegungsintensität im Tagesverlauf sichtbar. Für den Vergleich der Rohfasergruppe mit der Kontrollgruppe wurden zudem Tagessummen für jeden Versuchstag gebildet. Eine tierindividuelle Erkennung der Pendelnutzung war nicht möglich.

Die Pendel wurden vier Mal jeweils eine Woche bereitgestellt. Während der ersten beiden Messperioden war die Datenaufnahme jedoch fehlerhaft, sodass nur die letzten beiden Messperioden betrachtet wurden.



Abbildung 7: Pendelspielzeug mit Pedometer, Schweine am Pendel.

3.2.4 Wägung

Das Lebendgewicht der Tiere wurde wöchentlich montagsvormittags erfasst. Dazu wurden alle Tiere aus dem Versuchsgehege verbracht und einzeln auf einer Balkenwaage (Abbildung 8) vor dem Gehege gewogen.



Abbildung 8: Balkenwaage zur Erfassung des Lebendgewichts.

3.2.5 Schlachtkörperqualität

Die Untersuchung der Schlachtkörper wurde vom Schlachtbetrieb durchgeführt. Alle Daten zur Schlachtkörperqualität wurden den Schlachtprotokollen entnommen. Die dort aufgeführten Parameter umfassen Schlachtkörpergewicht, Muskelfleischanteil, Handelsklasse, Kilogrammpreis und Nettopreis.

3.2.6 Umgebungstemperatur

Zur Kontrolle der Versuchsbedingungen wurde die Temperatur in den Ruhehöhlen sowie im Außenbereich kontinuierlich aufgezeichnet. Die verwendeten Datenlogger, Modell 175-H2 der Firma Testo, Lenzkirch, Deutschland, speicherten die Werte der Umgebungstemperatur in Grad Celsius sowie die relative Luftfeuchte in % im Abstand von 15 Minuten, sodass pro Tag 96 Datensätze entstanden.

3.3 Datenverarbeitung

3.3.1 Sensorgestützte Daten

Die durch die Ohrresponder gewonnenen Daten zu den Besuchen an den verschiedenen Erkennungsstellen wurden in eine Datenbank überführt und dort weiter bearbeitet. Die Rohdaten enthielten neben der Respondernummer die Nummer der jeweiligen Erkennungsstelle, Anfangs- und Endzeit des Besuches sowie die Aufenthaltsdauer und die Menge des enthaltenen Futters zu Beginn und am Ende des Besuches sowie die daraus berechnete aufgenommene Futtermenge.

Es wurden verschiedene Angaben zu jedem Datensatz hinzugefügt wie Datum, Versuchstag, Tiernummer, Tiergruppe und Gewichtsklasse. Für die Filterung wurden zunächst alle Datensätze des untersuchten Zeitraumes und der untersuchten Tiere ausgewählt. Tiere, die im Verlauf des Versuchs erkrankten oder eingingen, wurden nicht betrachtet. Alle Besuche am Futterautomaten, die keine oder durch Messfehler negative Werte für die Futteraufnahme aufwiesen, wurden herausgefiltert. Außerdem wurden alle Datensätze gelöscht, die keinem Tier zuzuordnen waren oder durch Neubefüllung des Futterautomaten entstanden waren.

3.3.1.1 Daten der Futterautomaten

Für die Betrachtung des Fressverhaltens wurden ausschließlich die an den Futterautomaten gewonnenen Daten betrachtet.

Mahlzeitenkriterium

Die Besuche an den Futterautomaten wurden zu Mahlzeiten zusammengefasst. Wie zahlreiche andere Verhaltensweisen kann auch das Fressverhalten in einzelne Abschnitte, sogenannte *bouts*, unterteilt werden (Slater & Lester, 1982). Einzelne *bouts* können zu größeren Verhaltenseinheiten gruppiert werden. Entscheidend ist dabei die zeitliche Dauer der Verhaltensweise bzw. der Pausen zwischen den Verhaltenselementen.

Die einzelnen Besuche am Futterautomaten werden durch kurze Pausen getrennt, in denen das Tier entweder nur den Kopf aus dem Automaten nimmt, dabei aber unter Umständen weiterkaut, oder in denen es den Automaten kurzzeitig verlässt. Dies geschieht zum Beispiel, wenn es zur Tränke geht, oder weil es von einem anderen Schwein verdrängt wird, obwohl es seinen Fressvorgang noch nicht abgeschlossen hat.

Solche kurzen Pausen trennen Besuche am Automaten, die einer Mahlzeit zugerechnet werden. Entscheidend dabei ist, dass das Tier weiterhin die Motivation verfolgt, den Fressvorgang fortzusetzen. Längere Pausen dagegen trennen zwei verschiedene Mahlzeiten. Das Mahlzeitenkriterium (MZK) beschreibt die maximale Pausenlänge, die innerhalb einer Mahlzeit vorkommt. Zur Festlegung des Mahlzeitenkriteriums wurde die Methode nach Bigelow und Houpt (1988) angewendet, bei der die Häufigkeiten der Pausenlängen logarithmiert werden (natürlicher Logarithmus). Die Verteilung der Häufigkeit entspricht nach dem Logarithmieren mehreren normalverteilten Gauß'schen Kurven. Der Schnittpunkt der sich ergebenden Kurven ist als MZK definiert (Abbildung 9). Im Gegensatz zur ursprünglichen Methode fand sich in den vorliegenden Daten allerdings keine bimodale, sondern eine trimodale Verteilung, wie sie auch von Morgan et al. (2000) für das Fressverhalten von Schweinen beschrieben wurde. Das Mahlzeitenkriterium beschreibt hierbei den Schnittpunkt zwischen der mittleren und der rechten Kurve.

Für jede der vier Tiergruppen wurde ein gemeinsames MZK ermittelt, indem die Daten aller Tiere der Gruppe gepoolt wurden.

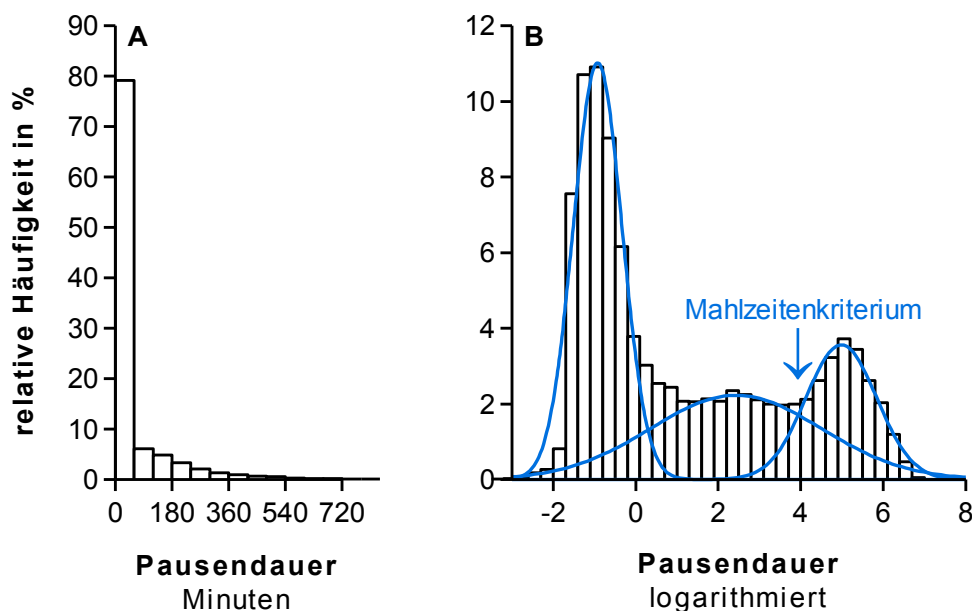


Abbildung 9: Berechnung des Mahlzeitenkriteriums. Relative Häufigkeit der Pausendauer (A) mit Klassenbreite 60 min. und der logarithmierten Pausendauer (B) mit Klassenbreite 0,3. Beispielkurven der Kontrollgruppe im MF-Versuch.

Ausgewählte Parameter des Fressverhaltens

Zur umfassenden Analyse des Fressverhaltens wurden folgende Parameter betrachtet:

- Mahlzeitenzahl pro Tag
- Fressdauer pro Mahlzeit
- Fressdauer pro Tag
- Fressrate
- Futteraufnahme pro Mahlzeit
- Futteraufnahme pro Tag
- Energieaufnahme pro Tag
- Rohfaseraufnahme pro Tag

Für jeden Parameter wurde ein Wert pro Tier und Tag gebildet. Direkt der Datenbank entnommen wurden tägliche Fressdauer und tägliche Futteraufnahme. Nach der Gruppierung der Einzelbesuche in Mahlzeiten war außerdem die Anzahl der Mahlzeiten bekannt. Die Fressdauer pro Mahlzeit sowie die Futteraufnahme pro Mahlzeit wurden ermittelt, indem die Tagessummen durch die Anzahl der Mahlzeiten geteilt wurden. Die Fressrate wurde berechnet, indem die aufgenommene Futtermenge durch die Fressdauer dividiert wurde. Anhand der Konzentration im Futter und der täglichen Futteraufnahme wurde die täglich aufgenommene Energie- und Rohfasermenge kalkuliert.

3.3.1.2 Daten der Durchgangstore

Die Durchgangstore zwischen dem Ruhe- und dem Außenbereich lieferten Informationen über die Bewegung der Tiere im Gehege und die Nutzungsintensität des Ruhebereichs.

Ruhekriterium

Die Versuchstiere konnten den Ruhebereich beliebig oft besuchen und verlassen. Die Aufenthaltsdauer im Ruhebereich variierte dabei stark von unter einer Minute bis zu mehreren Stunden. Dies ist durch die unterschiedliche Motivation der Tiere zum Aufsuchen des Ruhebereichs zu erklären: Kurze Besuche dienen der Erkundung des Bereichs, lange dagegen der Ruhe. Werden die Besuchsdauern logarithmiert, entsteht eine Verteilung aus zwei normalverteilten Gauß'schen Kurven (Abbildung 10). Der Schnittpunkt der Kurven bildet das Ruhekriterium (RK) nach Rus (2010). Besuche, die

kürzer als das RK sind, werden im Folgenden der Erkundung zugerechnet, längere Besuche hingegen der Ruhe.

Für jede der vier Tiergruppen wurde ein RK ermittelt, indem die Daten aller Tiere der Gruppe gepoolt wurden.

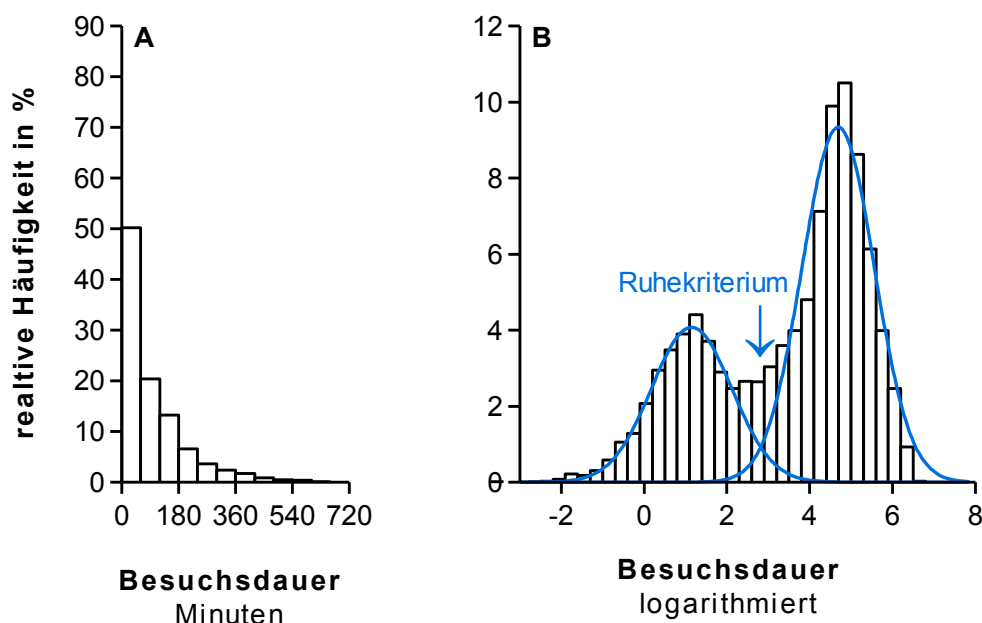


Abbildung 10: Berechnung des Ruhekriteriums. Relative Häufigkeit der Besuchsdauer (A) mit Klassenbreite 60 min. und der logarithmierten Besuchsdauer (B) mit Klassenbreite 0,3. Beispielkurven der Kontrollgruppe im MF-Versuch.

Erkundung des Ruhebereichs

Um die Besuche im Ruhebereich klar definieren zu können, wurden die Daten zunächst auf eine logische Abfolge gefiltert. Auf jedes Eingangsereignis eines Tieres musste ein Ausgangsereignis folgen und umgekehrt. Mehrere Erkennungen am gleichen Tor kommen zustande, wenn das Schwein das Tor besucht, aber nicht vollständig passiert. Bei mehreren aufeinanderfolgenden Besuchen am gleichen Tor wurde daher nur der letzte Besuch betrachtet. Die Zeit zwischen dem Ende eines Eingangsereignisses und dem Ende des dazugehörigen Ausgangsereignisses wurde als Besuch im Ruhebereich definiert.

Nach der Ermittlung des RK wurde jedem Besuch im Ruhebereich eine Signatur zugeordnet, die ihn als Erkundungs- oder Ruhebesuch klassifizierte. Daraufhin wurde die Gesamtdauer aller Erkundungsbesuche pro Tier und Tag ermittelt.

Aktivität im Außenbereich

Die Durchgangstore geben sowohl über die Nutzung der Ruhehöhlen als auch über die allgemeine Aktivität der Tiere Aufschluss.

Beim Bewegen im Außenbereich wurden die Erkennungsstellen auch aufgesucht, ohne dass das entsprechende Tor passiert wurde. Dies spiegelt sich in den gewonnenen Daten wieder, indem auf ein Eingangsereignis nicht wie logisch angenommen ein Ausgangsereignis folgt, sondern ein weiteres Eingangsereignis. Es handelt sich bei dem Erkennungsereignis also nicht um eine Torpassage, sondern um eine Erkundungserkennung. Je aktiver ein Tier war, desto häufiger wechselte es vermutlich nicht nur zwischen den Bereichen, sondern desto häufiger fanden auch reine Erkundungserkennungen statt. Die Anzahl der Erkennungsereignisse ist daher ein möglicher Indikator für die Aktivität der Tiere. Der oben erwähnte Filter auf eine logische Abfolge der Torkontakte darf dabei selbstverständlich nicht verwendet werden. Für jedes Tier wurde pro Tag die Anzahl aller Erkennungen an den Durchgangstoren ermittelt.

3.3.1.3 Gewichtsklassen

Im Laufe einer Mastperiode wachsen die Tiere von ca. 25 kg Lebendgewicht auf ca. 115 kg Lebendgewicht heran. Das veränderte Alter der Tiere und die veränderte Körpergröße und Lebendmasse haben einen starken Einfluss auf ihr Verhalten. Daher erscheint es sinnvoll, die Daten, die während einer Mastperiode erhoben wurden, nicht nur als einheitlichen Datenpool zu betrachten, sondern nach dem Alter bzw. der Größe der Tiere zu differenzieren. Bei einer tageweisen Betrachtung der Daten können jedoch täglich variierende äußere Faktoren, wie beispielsweise das Wetter, einen großen Einfluss auf die Ausprägung der einzelnen Verhaltensweisen haben. Diese täglich auftretenden Schwankungen können so das Bild einer kontinuierlichen Veränderung verzerren. Die Daten sollten daher über einen größeren Zeitraum zusammengefasst werden. In der hier vorliegenden Arbeit erfolgte die Datenanalyse nach Gewichtsklassen. Dazu wurde jedes Tier an jedem Tag einer der drei Gewichtsklassen (GK) zugeordnet: < 50 kg, 50-79,5 kg und ≥ 80 kg. Da die Tiere nur einmal wöchentlich gewogen wurden, konnte nicht tagesgenau festgestellt werden, wann das jeweilige Tier die nächste Gewichtsklasse erreichte. Das am Anfang der Woche ermittelte Gewicht wurde nominal für die folgende Woche beibehalten und das Tier während dieser Zeit derselben Gewichtsklasse zugeordnet.

Alle mit Hilfe der oben beschriebenen Sensortechnik untersuchten Parameter wurden tagesgenau erfasst und anhand des Gewichts des Tieres an dem jeweiligen Tag der entsprechenden Gewichtsklasse zugeordnet. Da die einzelnen Tiere unterschiedlich lange den einzelnen Gewichtsklassen angehörten, umfassen die Gewichtsklassen auch unterschiedlich viele Datensätze (Tabelle 6).

Tabelle 6: Stichprobenumfang und mittleres Gewicht je Gewichtsklasse.

Gewichtsklasse	Versuch	Gruppe	Stichprobenumfang	Mittleres Gewicht (kg)
25,0 - 49,5 kg	MF	Kontrolle	417	35,5
		Versuchsgruppe	416	36,0
	HF	Kontrolle	219	43,4
		Versuchsgruppe	272	42,7
50,0 - 79,5 kg	MF	Kontrolle	371	63,8
		Versuchsgruppe	362	63,5
	HF	Kontrolle	415	64,9
		Versuchsgruppe	459	64,0
80,0 - 125,0	MF	Kontrolle	319	94,8
		Versuchsgruppe	235	91,8
	HF	Kontrolle	367	94,7
		Versuchsgruppe	341	92,4

3.3.2 Videobasierte Daten

Für die Analyse des Filmmaterials wurden pro Tiergruppe vier Fokustiere ausgewählt. Die Auswahl wurde zufällig getroffen, allerdings wurden die beiden schwersten und die beiden leichtesten Tiere jeder Gruppe im Vorfeld ausgeschlossen. Diese Tiere könnten möglicherweise besonders ranghoch oder rangniedrig sein oder einen schlechten Gesundheitsstatus aufweisen und wären daher in ihrem Verhalten nicht repräsentativ für die Tiergruppe.

Durch individuelle Farbmarkierungen konnten die Fokustiere beim Betrachten der Filme identifiziert werden. Die Auswertung der Videos erfolgte mit Hilfe der Verhaltensanalyse-Software The Observer XT 8.0 der Firma Noldus Information Technology, Wageningen, Niederlande.

Das Prinzip dieser Software ist es, jedem untersuchten Objekt (Tier) und jeder untersuchten Verhaltensweise eine Kodierung durch eine Taste oder Tastenkombination am PC zuzuordnen. Durch Drücken dieser Taste während des Betrachtens des Films wird ein Zeitstempel gesetzt, der den Beginn oder das Ende einer Verhaltensweise bei einem bestimmten Tier bezeichnet. Als Folge ergibt sich eine Reihe solcher Zeitstempel, aus denen beispielsweise Häufigkeit, Dauer und Uhrzeit der einzelnen Verhaltensweisen, aber auch verschiedene Kreuzbeziehungen ermittelt werden können.

In der hier vorliegenden Arbeit wurden elf verschiedene Verhaltensweisen aufgenommen, von denen neun für die weitere Auswertung relevant waren (Tabelle 7). War das Fokustier nicht im Außenbereich, wurde es als abwesend registriert und kein weiteres Verhalten angegeben.

Tabelle 7: Beobachtete Verhaltensweisen bei der Videoauswertung.

Verhaltensgruppe	Verhalten	Beschreibung	Relevant für weitere Auswertung
Lokomotion	Laufen	Laufen jeder Geschwindigkeit	✓
	Stehen	Stehen bei nur zeitweisem Bewegen einzelner Beine	✓
	Sitzen	Sitzende Haltung mit gestreckten Vorderbeinen	✓
	Liegen	Liegen in Seiten- oder Bauchlage	✓
Beschäftigung	Fressen	Aufenthalt am FA	✓
	Trinken	Aufenthalt an der Tränke	-
	Erkundung	Beschnüffeln, Betasten mit dem Rüssel und Bekauen von Boden und Gehegeelementen	✓
	Bekauen von Artgenossen	Nichtaggressives Bekauen eines anderen Schweins, welches nicht frisst	✓
	Bedrängen fressender Artgenossen	Bekauen, Anstoßen, Aufreiten oder anderweitiges Bedrängen eines Schweins, dass am FA steht	✓
	Kämpfe	Kämpfe und kämpferische Interaktionen zwischen zwei Schweinen, aggressiv oder nichtaggressiv	✓
	Komfortverhalten	Scheuern an Gehegeelementen, sich Kratzen mit Hufen oder Zähnen	-

Da die Filme im Außenbereich ohne künstliche Beleuchtung aufgenommen wurden, konnten nur die Zeiten mit ausreichend Tageslicht analysiert werden. Angaben zu den einzelnen Beobachtungszeiträumen enthält Tabelle 8.

Wegen der großen Menge des angefallenen Filmmaterials wurden pro Versuch vier Auswertungszeiträume von jeweils rund 12 Stunden ausgewählt. Diese verteilten sich über den gesamten Versuchszeitraum. Zudem wurde sichergestellt, dass das ausgesuchte Filmmaterial der betreffenden Tage von ausreichender Qualität ist und die gewünschten Tageszeiten umfasst. Da nur Filmsequenzen mit ausreichend Tageslicht ausgewertet werden konnten, entspricht die analysierte Zeit nicht immer der Gesamtdauer des Films.

Tabelle 8: Dauer der Analyse pro Film.

Versuch	Versuchswoche	Dauer des Films	Analysedauer
MF-Versuch	3	12:00 h	12:00 h
	6	12:00 h	12:00 h
	9	12:00 h	12:00 h
	13	12:00 h	12:00 h
HF-Versuch	3	12:00 h	9:28 h
	6	12:00 h	10:57 h
	9	12:00 h	10:10 h
	12	12:00 h	9:44 h

3.3.2.1 Aktivität und Ruhe

Die verschiedenen Ausprägungen der Lokomotion wurden in aktives und passives Verhalten gruppiert:

Laufen, Stehen → aktives Verhalten

Liegen, Sitzen → passives Verhalten

Zudem wurde eine Abwesenheit auf dem Film, also ein Aufenthalt im Ruhebereich, hier ebenso als passives Verhalten definiert. Es ergeben sich somit drei Formen des Aktivitätsverhaltens:

Aktivität = Laufen, Stehen

Passivität im Außenbereich = Liegen, Sitzen

Passivität im Innenbereich = Abwesenheit auf dem Film

Der prozentuale Anteil jeder Aktivitätsform am beobachteten Zeitraum wurde für jedes Fokustier und jeden Beobachtungszeitraum bestimmt und ein Mittelwert je Gruppe gebildet.

3.3.2.2 Beschäftigung

Die Verhaltensweisen Erkundung, Bekauen von Artgenossen, Bedrängen von fressenden Artgenossen und Kampf wurden für die Analyse der Beschäftigung im Außenbereich ausgewählt. Der prozentuale Anteil dieser Verhaltensweisen an der gesamten Beobachtungsdauer wurde für jedes Fokustier bestimmt.

3.3.3 Leistungsdaten

Für die Beurteilung der Leistung wurden die Lebendgewichtsentwicklung der Tiere, der Futteraufwand sowie die Ergebnisse der Schlachtkörperbewertung herangezogen.

3.3.3.1 Lebendgewicht und Futteraufwand

Das Lebendgewicht der Tiere wurde wöchentlich ermittelt (siehe Kapitel 3.2.4). Es wurde für jede Gruppe und jeden Wiegezeitpunkt ein Mittelwert gebildet und dieser zeitliche Verlauf grafisch dargestellt.

Der Futteraufwand für jedes einzelne Tier wurde berechnet als Kilogramm aufgenommenes Futter pro Kilogramm Lebendgewichtszunahme.

Da das Lebendgewicht nicht täglich gemessen wurde, wurden wöchentliche Mittelwerte gebildet, indem das zwischen zwei Messterminen zugenommene Gewicht durch die Anzahl der Tage zwischen den Terminen geteilt wurde. Der Futterverbrauch lag tagesgenau vor. Für jeden Tag wurde so der theoretische Futteraufwand errechnet und die Tageswerte wie oben beschrieben in Gewichtsklassen gruppiert.

Um den Futteraufwand ohne die Lignocellulosezugabe zu ermitteln, wurde das aufgenommene Futter der Versuchsgruppen rechnerisch um den Anteil an Lignocellulose im Futter, also 6 % (MF-Versuch) bzw. 9 % (HF-Versuch) reduziert und der Futteraufwand wie oben beschrieben erneut berechnet.

3.3.3.2 Schlachtkörper

Die den Schlachtkörperprotokollen entnommenen Daten zu Schlachtkörpergewicht und Muskelfleischanteil wurden tierindividuell dargestellt. Zudem wurde die Anzahl der Tiere in den verschiedenen Handelsklassen ermittelt.

Der Muskelfleischanteil ist das ausschlaggebende Merkmal für die Handelsklasse des Schlachtkörpers. Für Schlachtkörper von 50 kg bis unter 120 kg erfolgt die Einteilung in Handelsklassen nach Tabelle 9:

Tabelle 9: Einteilung der Handelsklassen.

Handelsklasse	Muskelfleischanteil in %
E	≥ 55
U	≥ 50 , jedoch < 55
R	≥ 45 , jedoch < 50
O	≥ 40 , jedoch < 45
P	< 40

3.3.4 Statistische Auswertung

Die Statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm PASW 18.0.2.

Zunächst wurden alle Daten mit Hilfe der deskriptiven Statistik analysiert. Dazu wurden Mittelwert, Median, Varianz, Standardabweichung, Minimum und Maximum je Gruppe und gegebenenfalls Gewichtsklasse bestimmt. Diese statistischen Kennwerte sind den Anhangstabellen zu entnehmen. Um die Voraussetzungen für weitergehende statistische Tests aufzuzeigen, wurden der Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung und der Levene-Test auf Varianzhomogenität verwendet. Da weitestgehend keine Normalverteilung vorlag, erfolgte die weitere Datenanalyse unter Verwendung eines nichtparametrischen Tests. Der hier gebrauchte U-Test nach Mann und Whitney wird zum Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben herangezogen. Folgende Parameter wurden mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests auf signifikante Unterschiede zwischen den Tiergruppen überprüft:

Fressverhalten:

- Mahlzeitenzahl pro Tag
- Fressdauer pro MZ und Tag

- Fressrate
- Futteraufnahme pro MZ und Tag
- Energieaufnahme pro Tag
- Rohfaseraufnahme pro Tag

Aktivitäts- und Erkundungsverhalten:

- Erkundungsdauer im Innenbereich
- Anzahl der Sensorerkennungen im Außenbereich

Leistung:

- Lebendmassezunahme pro Tag
- Futteraufwand
- Schlachtkörpergewicht
- Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers

Für die Daten zur Nutzung des Pendelspielzeugs wurde der t-Test nach Student angewendet, der zwei unabhängige normalverteilte Stichproben vergleicht.

Die mit Hilfe der Videoaufnahmen gewonnenen Daten wurden keiner schließenden Statistik unterzogen, da der Stichprobenumfang mit vier Fokustieren pro Gruppe als zu gering betrachtet wurde.

Die verwendete Irrtumswahrscheinlichkeit bei allen Tests war wie folgt (Tabelle 10):

Tabelle 10: Irrtumswahrscheinlichkeiten.

n.s.	$p > 0,05$	nicht signifikant
*	$p \leq 0,05$	signifikant
**	$p \leq 0,01$	sehr signifikant
***	$p \leq 0,001$	höchst signifikant

3.3.5 Grafische Darstellung

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte zumeist in grafischer Form. Die häufigste Verwendung fand der Box-Whisker-Plot. Jede Box stellt dabei die Datengesamtheit einer Tiergruppe dar. Die Kenngrößen der Box zeigt Abbildung 11.

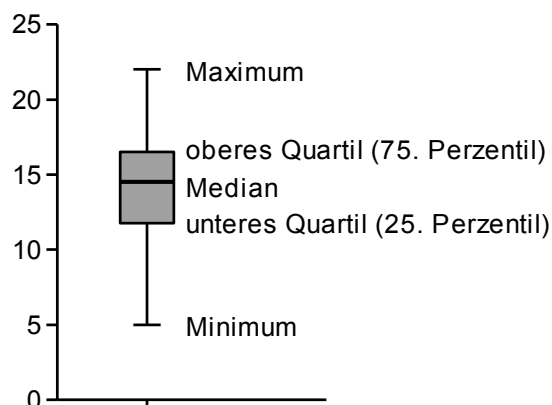


Abbildung 11: Aufbau eines Box-Whisker-Plots.

Des Weiteren wurden Säulendiagramme verwendet, die ebenfalls den Median (als Säule) sowie das Datenmaximum (als Fehlerbalken) darstellen. Die Punktdiagramme in der vorliegenden Arbeit zeigen als Einzelpunkte Mittelwerte pro Gruppe oder Einzeltiere.

3.3.6 Software

Neben der bereits erwähnten Verhaltensanalyse-Software The Observer XT und der Statistik-Software PASW Statistics 18, Version 18.0.2, IBM SPSS wurden zur Datenbearbeitung das Datenbankprogramm Microsoft Office Access 2003 sowie die Kalkulations-Software Microsoft Office Excel 2003 genutzt.

Sämtliche Grafiken wurden mit dem Programm KyPlot 5.0, KyensLab Inc. erstellt. Dieses Programm fand auch Anwendung bei der Berechnung des Mahlzeitenkriteriums und des Ruhekriteriums. Die Textverarbeitung erfolgte mit Microsoft Office Word 2007.

4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen dargestellt. Zunächst werden die Auswirkungen des rohfaserreichen Futters auf verschiedene Parameter des Fressverhaltens analysiert. Darauf folgt die Darstellung der Ergebnisse zu ausgewählten Parametern des Verhaltenskomplexes Ruhe und Aktivität sowie Erkundung. Im Anschluss daran werden die erhobenen Daten zur Mast- und Schlachtleistung dargestellt.

Im Vordergrund steht dabei immer der Vergleich zwischen der Rohfasergruppe und der Kontrollgruppe eines Versuchs. Die Vergleichbarkeit der beiden Versuche miteinander war aus Gründen der Versuchsanstellung nicht uneingeschränkt gegeben. Für den Vergleich der Tiergruppen wurden weitestgehend statistische Tests eingesetzt. Sofern nicht explizit anders angegeben, fand stets der Mann-Whitney-U-Test Anwendung. Informationen zum Stichprobenumfang liefert Tabelle 6 in Kapitel 3.3.1.3. Der p-Wert ist der jeweiligen Grafik zu entnehmen.

4.1 Fressverhalten

Um Unterschiede im Fressverhalten von Versuchs- und Kontrolltieren zu untersuchen, wurden verschiedene Aspekte der Futteraufnahme analysiert. Die Fressdauer und die Menge des aufgenommenen Futters wurden sowohl pro Mahlzeit als auch pro Tag betrachtet. Da die individuellen Verhaltensstrategien von Tieren sehr unterschiedlich sein können, ist die Kombination dieser beiden Werte aussagekräftiger als die Betrachtung der Werte ausschließlich pro Tag oder pro Mahlzeit.

Alle Größen wurden täglich erhoben oder über den Tag gemittelt und diese Tageswerte den entsprechenden Gewichtsklassen (GK) zugeordnet. Im Folgenden wurden die Werte der Versuchsgruppen aus dem MF-Versuch und dem HF-Versuch mit denen der jeweiligen Kontrollgruppen verglichen.

Wie in Kapitel 3.3.1.1 ausgeführt, wurde für die Beschreibung der Fresshäufigkeit ein Mahlzeitenkriterium gebildet und die Besuche am Futterautomaten zu Mahlzeiten gruppiert. Tabelle 11 zeigt die ermittelten Mahlzeitenkriterien der einzelnen Tiergruppen.

Tabelle 11: Länge der Mahlzeitenkriterien (MZK) der vier Tiergruppen.

	MF-Versuch		HF-Versuch	
	Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
MZK in Minuten	50,91	46,53	72,09	78,33

Die Mahlzeitenkriterien beliefen sich auf rund eine Stunde bei allen Tiergruppen. Das bedeutet, dass innerhalb einer Mahlzeit Pausen von bis zu einer Stunde auftraten, während zwischen zwei Mahlzeiten Pausen von über einer Stunde lagen. Im MF-Versuch waren die Mahlzeitenkriterien etwas kürzer als eine Stunde, im HF-Versuch etwas länger. Dieser Unterschied ist auf die veränderten Versuchsbedingungen zurückzuführen. Die Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in beiden Experimenten betrugen nur wenige Minuten.

Basierend auf den so gebildeten Mahlzeiten erfolgte die weitere Analyse der einzelnen Parameter zum Fressverhalten.

4.1.1 Mahlzeitenzahl

Zunächst wurde ermittelt, wie oft pro Tag die Schweine im Versuch fraßen. Die Fresshäufigkeit wurde dabei wie bereits ausgeführt als Anzahl der Mahlzeiten pro Tag betrachtet. Tendenziell zeigten die Tiere der Versuchsgruppen weniger Mahlzeiten als die der Kontrollgruppen (Abbildung 12). Die Zahl der Mahlzeiten schwankte zwischen einer und 12 Mahlzeiten pro Tag im MF-Versuch und zwischen einer und 10 Mahlzeiten im HF-Versuch. Der Unterschied zwischen den Gruppen einer GK betrug im Median maximal eine Mahlzeit pro Tag. Die mittleren 50 % der Werte bewegten sich bei allen Gruppen um meist eine, höchsten aber zwei Mahlzeiten über und unter dem Median. Das Minimum lag meist bei einer oder zwei Mahlzeiten, höchsten aber bei vier.

In den GK unter 50 kg beider Versuche ist der Unterschied zwischen den Tiergruppen höchst signifikant. Im MF-Versuch zeigte die Rohfasergruppe sechs Mahlzeiten, im HF-Versuch fünf Mahlzeiten. Die Kontrollgruppen zeigten jeweils eine Mahlzeit mehr als die jeweilige Versuchsgruppe. Auch das Minimum der Kontrollgruppe lag in beiden Versuchen über dem der Rohfasergruppe, das Maximum im MF-Versuch ebenfalls darüber und im HF-Versuch gleichauf.

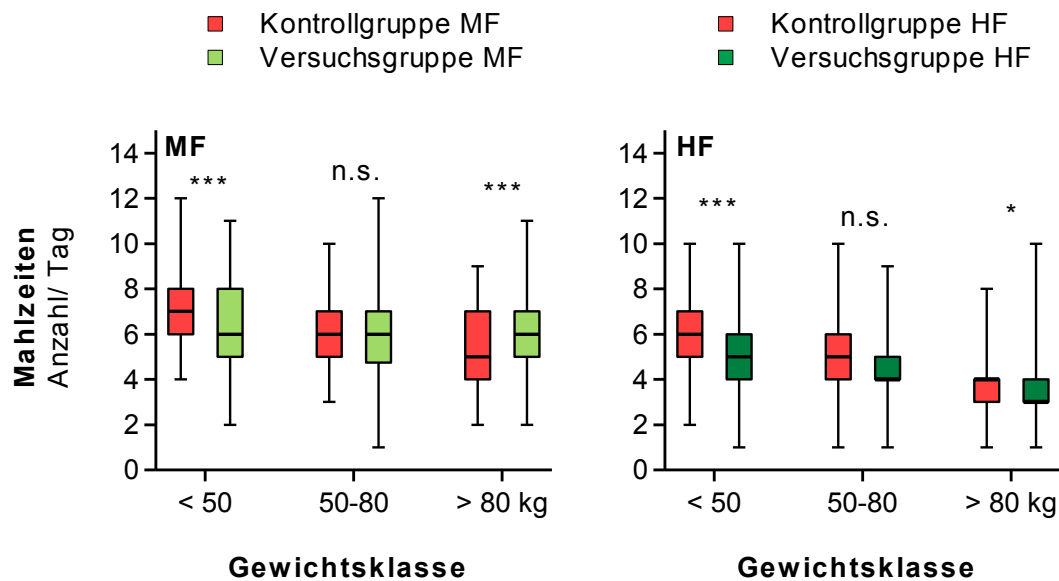


Abbildung 12: Anzahl der Mahlzeiten der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

In den mittleren GK lag in beiden Versuchen kein signifikanter Unterschied zwischen den Tiergruppen mehr vor. Die Tiere des MF-Versuchs fraßen hier in beiden Gruppen in sechs Mahlzeiten. Lediglich die Streuung ist bei den Schweinen der Rohfasergroupe größer als bei den Kontrollschweinen. Im HF-Versuch war die Anzahl der Mahlzeiten bei den Rohfasertieren etwas geringer, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Die mittlere Hälfte der Werte schwankte zwischen vier und fünf bei den Rohfasertieren und zwischen vier und sechs bei den Kontrolltieren.

In der höchsten GK unterschieden sich die beiden Versuche. Während im MF-Versuch die Versuchsgruppe hier sogar höchst signifikant mehr Mahlzeiten vorwies als die Kontrollgruppe, ist im HF-Versuch die Mahlzeitenzahl der Versuchsgruppe auch in der höchsten GK signifikant geringer als die der Kontrollgruppe. In beiden Versuchen war die maximale Mahlzeitenzahl in dieser GK bei der Versuchsgruppe höher als bei der Kontrolle.

In allen Gruppen ist im Versuchsverlauf ein Abnehmen der Mahlzeitenzahl um jeweils eine Mahlzeit pro GK zu verzeichnen. Lediglich die Versuchsgruppe im MF-Versuch zeigte in allen GK dieselbe mittlere Mahlzeitenhäufigkeit.

Es konnte also festgestellt werden, dass die Tiere, die ein Futter mit erhöhtem (mittlerem oder hohem) Rohfasergehalt erhielten, durchschnittlich seltener fraßen als die Kontrolltiere.

4.1.2 Fressdauer und Fressrate

Die Anzahl der Mahlzeiten alleine ist jedoch nicht ausreichend, um das Fressverhalten der Schweine zu charakterisieren. Mahlzeiten können in ihrer Länge variieren und unterschiedliche Anteile von Fresszeit und Pausen enthalten. Abbildung 13 zeigt die Fressdauer der Tiere pro Mahlzeit und pro Tag.

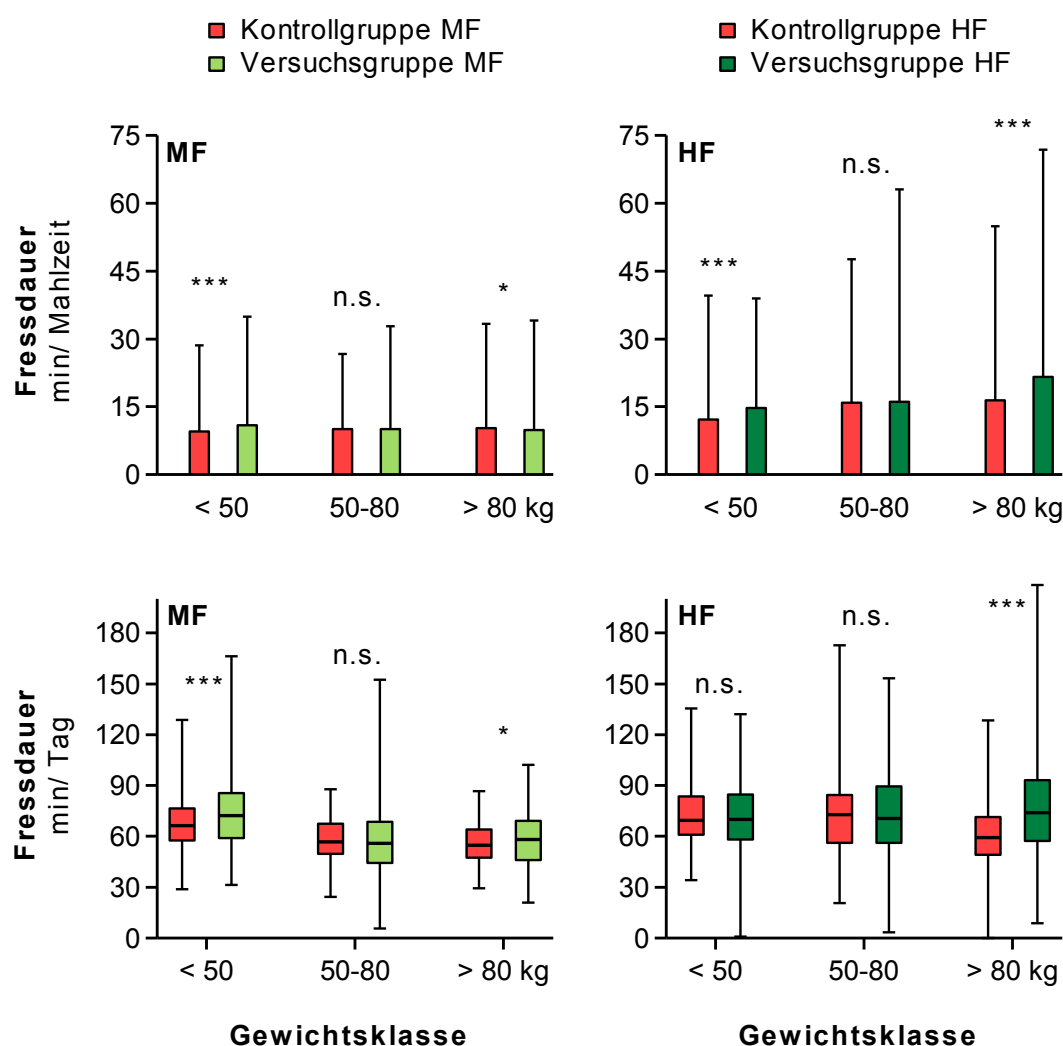


Abbildung 13: Fressdauer pro Mahlzeit und pro Tag der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch. Dauer pro Mahlzeit: Median + Maximum. Dauer pro Tag: Boxplot.

Betrachtet man die Fressdauer der Schweine pro Mahlzeit, so ist zu erkennen, dass die Versuchstiere tendenziell längere Fresszeiten als die jeweiligen Kontrolltiere aufweisen. Dieser Unterschied war in der niedrigsten GK in beiden Versuchen höchst signifikant. In beiden Versuchen zeigte sich eine um zwei Minuten verlängerte Fressdauer bei den Rohfasertieren.

In der mittleren GK konnte kein Unterschied zwischen Rohfaser- und Kontrolltieren mehr beobachtet werden. Versuchs- und Kontrolltiere fraßen nun im MF-Versuch rund 10 min und im HF-Versuch rund 17 min pro Mahlzeit. Die maximale Fressdauer war in beiden Versuchen bei der Rohfasergruppe länger als bei der Kontrolle.

Im MF-Versuch zeigten die Rohfasertiere eine um eine Minute signifikant kürzere Fressdauer pro Mahlzeit als die Kontrolltiere. Dies lässt sich durch die große Mahlzeitenzahl der Versuchstiere in dieser Gewichtsklasse erklären.

Die Tiere im HF-Versuch zeigten auch in der höchsten GK eine längere Fressdauer pro Mahlzeit in der Rohfasergruppe. Der höchst signifikante Unterschied betrug im Mittel 6 min und zeigte sich auch in einem deutlich höheren Maximum.

Im MF-Versuch ist keine Veränderung der Fressdauer pro Mahlzeit im Versuchsverlauf zu erkennen. In allen GK wurden Maxima von 35 min nicht überschritten. Im HF-Versuch waren die Fressdauern pro Mahlzeit insgesamt höher als im MF-Versuch und stiegen mit wachsendem Körpergewicht an. Dies galt insbesondere auch für die maximalen Fressdauern, die in der ersten GK rund 40 min betrugen und im weiteren Verlauf auf über 60 min anstiegen.

Auch die tägliche Fressdauer der Rohfasertiere war tendenziell länger als die der Kontrolltiere. Wegen der insgesamt geringeren Mahlzeitenzahl der Rohfasertiere pro Tag ist der Unterschied zwischen den Gruppen allerdings nicht so ausgeprägt wie bei der Fressdauer pro Mahlzeit. Die mittlere tägliche Fressdauer betrug im MF-Versuch stets zwischen 55 und 75 min, im HF-Versuch zwischen 60 und 80 min.

In der unteren GK des MF-Versuchs war die tägliche Fressdauer der Rohfasertiere um 6 min und somit höchst signifikant länger als die der Kontrolltiere. Auch das Maximum war deutlich höher und unterschied sich um über 30 min. Im HF-Versuch bestand in der unteren GK kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, die im Mittel beide rund 70 min fraßen. Die minimale Fressdauer pro Tag ist hier auffällig gering, dabei handelt es sich jedoch um einen einzelnen Ausreißer.

In der mittleren GK beider Versuche unterschied sich die Versuchsgruppe nicht signifikant von der Kontrollgruppe. Im MF-Versuch zeigte die Rohfasergruppe eine hohe Spannweite der Extremwerte, was wiederum an wenigen Einzelwerten lag, da alle Werte ohne Ausnahme in die grafische Darstellung einbezogen wurden. Der Interquartilbereich war jedoch nicht größer als gewöhnlich. Im HF-Versuch war die Spannweite der Extremwerte in beide Gruppen sehr hoch, auch hier lag jedoch eine normale Interquartilbreite vor.

In der höchsten GK ist abermals eine signifikant höhere Fressdauer der Rohfasertiere in beiden Versuchen zu verzeichnen. Im MF-Versuch fraßen sie ca. 4 min länger als die Kontrolltiere, im HF-Versuch sogar ca. 17 min länger. Dazu kommt im HF-Versuch eine große Streuung der Extremwerte in beiden Gruppen. Vor allem das Maximum von fast 130 min war bei der Versuchsgruppe sehr hoch und ist als Ausreißer zu werten.

Die Gewichtsklassen unterschieden sich innerhalb der Versuche kaum voneinander. Im MF-Versuch ist ein leichtes Absinken der Fressdauer mit wachsendem Körpergewicht zu verzeichnen. Im HF-Versuch blieb die tägliche Fressdauer der Versuchsgruppe konstant, die der Kontrollgruppe sank in der letzten GK ab.

Betrachtet man nun die Anzahl der Mahlzeiten pro Tag und die Fressdauer im Zusammenhang, so kann festgestellt werden, dass die rohfaserreich gefütterten Versuchstiere in weniger Mahlzeiten pro Tag fraßen, aber pro Mahlzeit mehr Zeit für das Fressen aufwendeten als die konventionell gefütterten Kontrolltiere. Die geringere Mahlzeitenzahl der Versuchstiere und die längere Fressdauer pro Mahlzeit glichen sich nicht völlig aus, sodass auch die gesamte Fressdauer pro Tag etwas länger war als die der Kontrolltiere.

Die Dauer des Fressvorgangs ist direkt davon abhängig, wie schnell ein Tier sein Futter aufnimmt. Daher wurde als weiterer Parameter zur Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens die Fressrate betrachtet und in Abbildung 14 dargestellt.

Die Fressrate berechnet sich als aufgenommene Futtermenge pro Zeiteinheit. Hier war ein deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen zu erkennen: Die Rohfasertiere fraßen immer langsamer als die entsprechenden Kontrolltiere. Dieser Unterschied war in der niedrigsten GK in beiden Versuchen höchst signifikant. Die Versuchstiere beider Versuche fraßen pro Minute rund 14% weniger Futter als die Kontrolltiere.

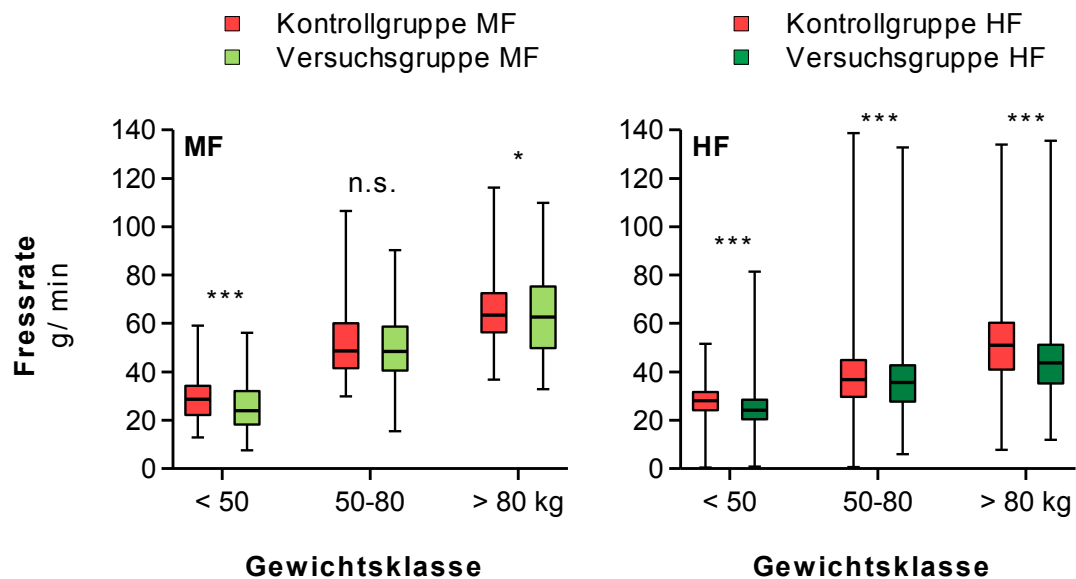


Abbildung 14: Fressrate der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

In der mittleren GK des MF-Versuchs war der Unterschied zwischen Rohfaser- und Kontrolltieren nicht signifikant. Lediglich Minimum und Maximum der Rohfasertiere befanden sich in einem niedrigeren Bereich. Im HF-Versuch war die Fressrate der Rohfaserschweine auch in dieser GK um 6 % und damit höchst signifikant niedriger als die der Kontrolle. Die Spanne der Extremwerte ist bei beiden Gruppen sehr hoch und reicht von unter 1g/min bis zu über 130 g/min.

In der höchsten GK fraßen wieder die Rohfasertiere beider Versuche langsamer als die jeweiligen Kontrollschweine. Im MF-Versuch war der Unterschied signifikant und betrug gut 3 %. Im HF-Versuch war der Unterschied mit 19 % höchst signifikant. Auch hier waren sehr hohe Maxima von über 130g/min in beiden Gruppen zu verzeichnen.

Klar zu erkennen ist auch der Anstieg der Fressrate im Verlauf beider Versuche: Je schwerer die Tiere wurden, desto schneller fraßen sie. Im MF-Versuch fraßen die Tiere in der dritten GK mehr als doppelt so schnell wie in der ersten GK. Im HF-Versuch lag ein Anstieg um rund zwei Drittel von der ersten zur letzten GK vor.

Die längere tägliche Fressdauer der Rohfasertiere ging also einher mit einer verlangsamten Futteraufnahme. Es stellt sich daher die Frage, ob die reduzierte Fressrate zu einer verminderten Futteraufnahme führte, oder ob die aufgenommene Futtermenge durch die verlängerte Fresszeit kompensiert wurde.

4.1.3 Futteraufnahme

Auch die Futteraufnahme wurde zunächst auf Basis der einzelnen Mahlzeit und darauffolgend pro Tag betrachtet (Abbildung 15).

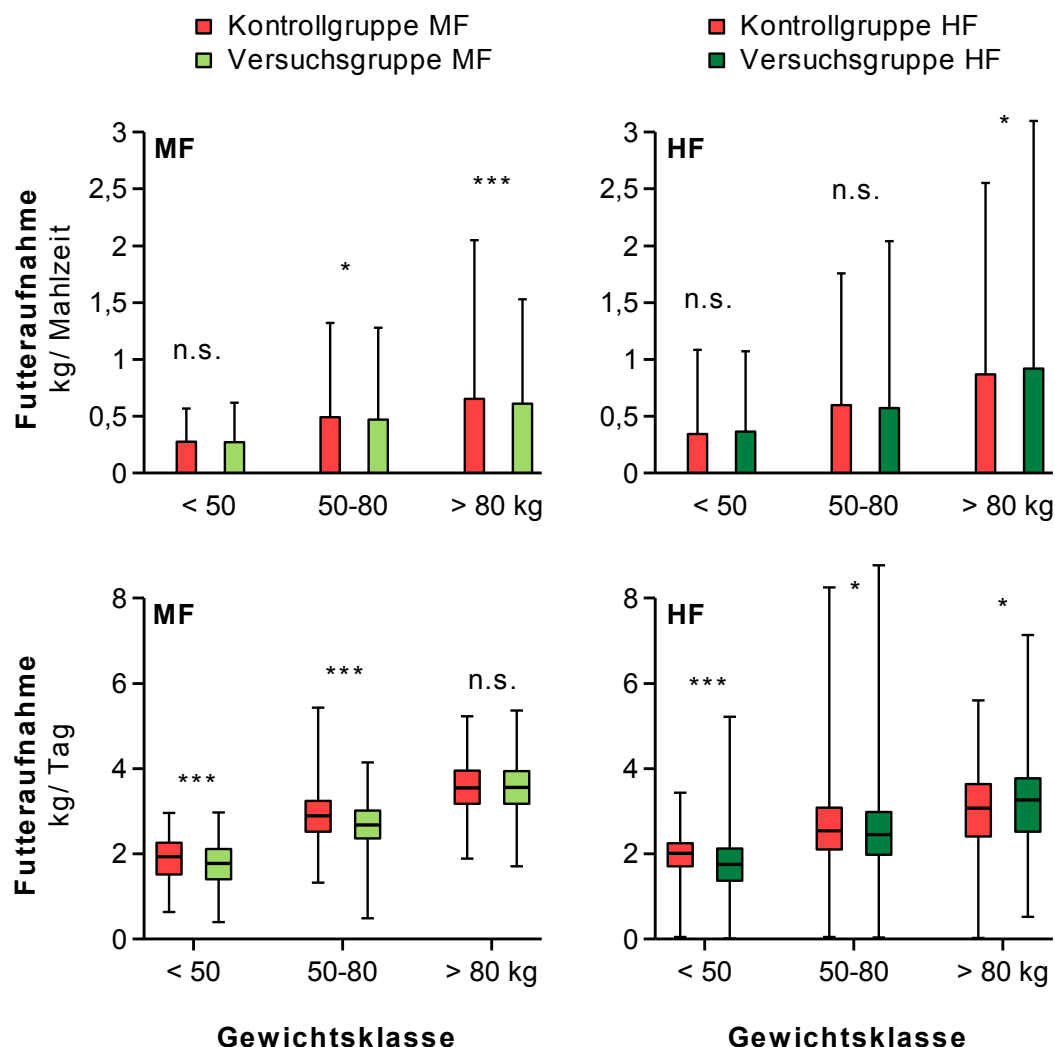


Abbildung 15: Futteraufnahme pro Mahlzeit und pro Tag der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch. Aufnahme pro Mahlzeit: Median + Maximum. Aufnahme pro Tag: Boxplot.

Die Futteraufnahme der Versuchstiere innerhalb einer Mahlzeit unterschied sich nicht deutlich von der der jeweiligen Kontrolltiere.

Im MF-Versuch nahmen die Schweine beider Gruppen unter 50 kg rund 280 g Futter pro Mahlzeit auf, maximal rund 600 g pro Mahlzeit. Im HF-Versuch konnte bei beiden Gruppen der unteren GK eine Futteraufnahme von ca. 380 g pro Mahlzeit festgestellt

werden. Die maximale Futteraufnahme unterschied sich ebenfalls nicht zwischen den Gruppen, war aber mit 1.000 g pro Mahlzeit deutlich höher als im MF-Versuch.

In der mittleren GK des MF-Versuchs nahm die Rohfasergruppe im Mittel 5 % weniger Futter pro Mahlzeit auf als die Kontrollgruppe. Die maximale Futteraufnahme beider Gruppen betrug mehr als das Doppelte des Gruppendurchschnitts. Im HF-Versuch war kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zu ermitteln. Allerdings lag das Maximum hier bei den Versuchsschweinen mehr als drei Mal so hoch wie der Gruppenmedian, bei den Kontrollschweinen rund 2,5 Mal so hoch.

In der GK über 80 kg ist die Futteraufnahme pro Mahlzeit der Versuchstiere im MF-Versuch abermals geringer als die der Kontrollgruppe. Die Versuchstiere nahmen etwa 10 % weniger Futter pro Mahlzeit auf. Auch die maximale Futteraufnahme ist geringer als bei der Kontrollgruppe.

Im HF-Versuch fraßen die Rohfasertiere in der höchsten GK pro Mahlzeit jedoch mehr als die Kontrolltiere. Der Unterschied betrug 8% und war statistisch signifikant. Die maximale Futteraufnahme pro Mahlzeit war bei beiden Gruppen sehr hoch und betrug bei den Kontrolltieren das 2,75fache, bei den Versuchstieren das 3fache des Gruppenmittels.

In beiden Versuchen war deutlich zu erkennen, dass sich mit steigendem Körpergewicht die pro Mahlzeit aufgenommene Futtermenge vergrößerte. Dies galt sowohl für die Mediane als auch für die Maxima. Ein klarer Unterschied in der Futteraufnahme pro Mahlzeit zwischen den Tiergruppen konnte nicht herausgestellt werden.

Bezieht man diese Erkenntnisse auf die Dauer und Rate der Futteraufnahme, so lässt sich Folgendes zusammenfassen: Die rohfaserreich gefütterten Tiere wiesen eine längere Fressdauer pro Mahlzeit auf als die Kontrolltiere und fraßen langsamer. Dadurch nahmen sie pro Mahlzeit die gleiche Menge Futter auf wie die Kontrolltiere.

In der Futteraufnahme über den gesamten Tag unterschieden sich dagegen Versuchs- und Kontrollgruppen deutlicher.

In den leichten und mittleren GK beider Versuche nahmen die Rohfasertiere signifikant weniger Futter auf. In der unteren GK lag die Futteraufnahme der Kontrollgruppen beider Versuche bei knapp 2 kg pro Tag. Die Futteraufnahme der Versuchsgruppen war im MF-Versuch 7 %, im HF-Versuch 12 % geringer. Dies ist in beiden Versuchen ein höchst signifikanter Unterschied.

In der mittleren GK nahmen die Kontrolltiere des MF-Versuchs knapp 3 kg Futter täglich auf. Die Versuchsgruppe fraß 7 % und somit höchst signifikant weniger als die Kontrollgruppe. Auch im HF-Versuch fraßen die Versuchstiere in dieser GK signifikant weniger als die Kontrolltiere, der Unterschied betrug 3 %. Die maximale Futteraufnahme beider Gruppen ist hier mit dem dreifachen in der Kontrolle und dem vierfachen in der Versuchsgruppe sehr hoch.

In der höchsten GK besteht im MF-Versuch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die Tiere dieser GK nahmen pro Tag 3,5 kg Futter auf. Im HF-Versuch nahm die Kontrollgruppe 3 kg Futter täglich auf, die Versuchsgruppe 5 % mehr Futter. In dieser GK bestand also im HF-Versuch eine signifikant höhere Futteraufnahme bei den Rohfasertieren.

Die aufgenommene tägliche Futtermenge stieg im Laufe beider Versuche mit wachsendem Körpergewicht der Tiere klar an. Gleichzeitig nahm die Zahl der Mahlzeiten im Versuchsverlauf ab. Daraus folgt eine deutlich steigende Futteraufnahme pro Mahlzeit im Verlauf der Versuche. Die Versuchstiere fraßen im Vergleich zu den Kontrolltieren in weniger Mahlzeiten, nahmen jedoch pro Mahlzeit die gleiche Menge an Futter auf. Dadurch ergibt sich eine verminderte mittlere Futteraufnahme der Versuchstiere pro Tag.

Neben der aufgenommenen Futtermenge wurden auch die Menge der aufgenommenen Energie sowie die Rohfasermenge untersucht (Tabelle 12). Die aufgenommene Energie ist direkt abhängig von der Futterzusammensetzung und der Futtermenge. Da die aufgenommene Futtermenge mit steigendem Gewicht zunahm, ist eine ebenfalls steigende Energieaufnahme im Versuchsverlauf zu verzeichnen.

Die Rohfasergruppe erhielt ein energieärmeres Futter. Zudem nahm sie täglich weniger Futter auf als die Kontrollgruppe. Die aufgenommene Energie der Versuchsgruppe ist daher geringer als die der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist in allen GK statistisch signifikant außer in der höchsten GK des HF-Versuchs. Die Versuchstiere erhielten in der unteren GK 14 % (MF) bzw. 24 % (HF) weniger Energie als die Kontrolltiere, in der mittleren GK 13 % (MF) und 12 % (HF) weniger und in der höchsten GK 6 % (MF) und 4 % (HF) weniger.

Der Rohfasergehalt des Futters unterschied sich entsprechend dem Versuchsansatz deutlich zwischen den Gruppen. Die aufgenommene Rohfasermenge ist dementsprechend ungleich. Die Tiere der Rohfasergruppe nahmen durchweg signifikant mehr Rohfaser auf

als die Kontrolltiere. Dies wurde auch durch die geringere Futteraufnahme der Rohfasertiere nicht kompensiert. Der Unterschied zwischen den Gruppen betrug zwischen 31 und 69 %. Da die Futteraufnahme mit der GK anstieg, ist auch eine steigende Rohfaseraufnahme im Versuchsverlauf zu verzeichnen.

Tabelle 12: Futter-, Energie- und Rohfaseraufnahme der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch. Mittelwert je Gruppe. Verschiedene Buchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe eines Versuchs, dabei wurden Großbuchstaben für den MF-Versuch verwendet, Kleinbuchstaben für den HF-Versuch.

	MF-Versuch		HF-Versuch	
	Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
Futteraufnahme (g)				
< 50 kg	1887 ^A	1754 ^B	1992 ^a	1743 ^b
50-80 kg	2898 ^A	2666 ^B	2643 ^a	2565 ^b
> 80 kg	3578 ^A	3535 ^A	2991 ^a	3125 ^b
Energieaufnahme (MJ ME)				
< 50 kg	23,8 ^A	20,9 ^B	25,1 ^a	20,2 ^b
50-80 kg	36,5 ^A	32,3 ^B	33,3 ^a	29,7 ^b
> 80 kg	45,1 ^A	42,3 ^B	37,7 ^a	36,2 ^a
Rohfaseraufnahme (g)				
< 50 kg	98 ^A	128 ^B	103 ^a	146 ^b
50-80 kg	150 ^A	198 ^B	137 ^a	215 ^b
> 80 kg	185 ^A	260 ^B	155 ^a	262 ^b

4.2 Aktivitäts- und Erkundungsverhalten

Nachdem der Einfluss einer Lignocellulosezulage auf das Futteraufnahmeverhalten der Schweine analysiert wurde, sollen nun mögliche Effekte auf einen weiteren Verhaltenskomplex beleuchtet werden. Dieser beinhaltet das Ruhe- beziehungsweise Aktivitätsverhalten der Tiere und die eng mit der Aktivität verknüpfte Erkundung.

Zur Analyse des Aktivitäts- und Erkundungsverhaltens in den durchgeführten Versuchen wurden sowohl sensorbasierte Daten als auch videobasiert erhobene Daten verwendet. Die sensorbasierten Daten gaben Aufschluss über die Erkennungshäufigkeit an den Durchgangstoren. Davon abzuleiten waren zum einen die allgemeine Bewegungsaktivität, die zu Erkennungsereignissen führte, zum anderen die Nutzungsintensität des Ruhebereichs.

Die Daten der Videoanalyse ermöglichten genaue Kenntnis über die Beschäftigung der Schweine im Außenbereich.

4.2.1 Aktivitäts- und Ruhedauer

Zunächst wurde betrachtet, welchen Anteil des Tages die Tiere aktives Verhalten zeigten und welcher Anteil mit Ruhen verbracht wurde. Die Daten der Videoanalyse geben Erkenntnisse über die Zeit zwischen 6 und 18 Uhr. In jeder Gruppe wurden vier Fokustiere während vier Beobachtungszeiträumen betrachtet. Die mittleren Anteile aktiver und passiver Zeit an der beobachteten Gesamtzeit pro Gruppe und Beobachtungszeitraum sind in Abbildung 16 dargestellt.

Je nach Verhalten des Tieres wurde eine Klassierung in aktives oder passives Verhalten vorgenommen. Eine Abwesenheit auf dem Film, also ein Aufenthalt in der Hütte, wurde dabei als Ruhe beziehungsweise passives Verhalten gewertet. Es zeigt sich, dass in beiden Versuchen im Gruppenmittel durchgängig zwischen 10 und 28 % der Zeit für aktives Verhalten verwendet und 65 bis 90 % der Zeit passiv verbracht wurden. Dabei besteht kein erkennbarer Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe innerhalb beider Versuche, aber auch nicht zwischen den Versuchen. Auch im Verlauf der Mast mit zunehmender Lebendmasse der Tiere kann in beiden Versuchen im Mittel keine deutliche Veränderung festgestellt werden. Der Anteil der Ruhe am Tag blieb also unabhängig vom Futter und vom Mastabschnitt im Mittel relativ konstant.

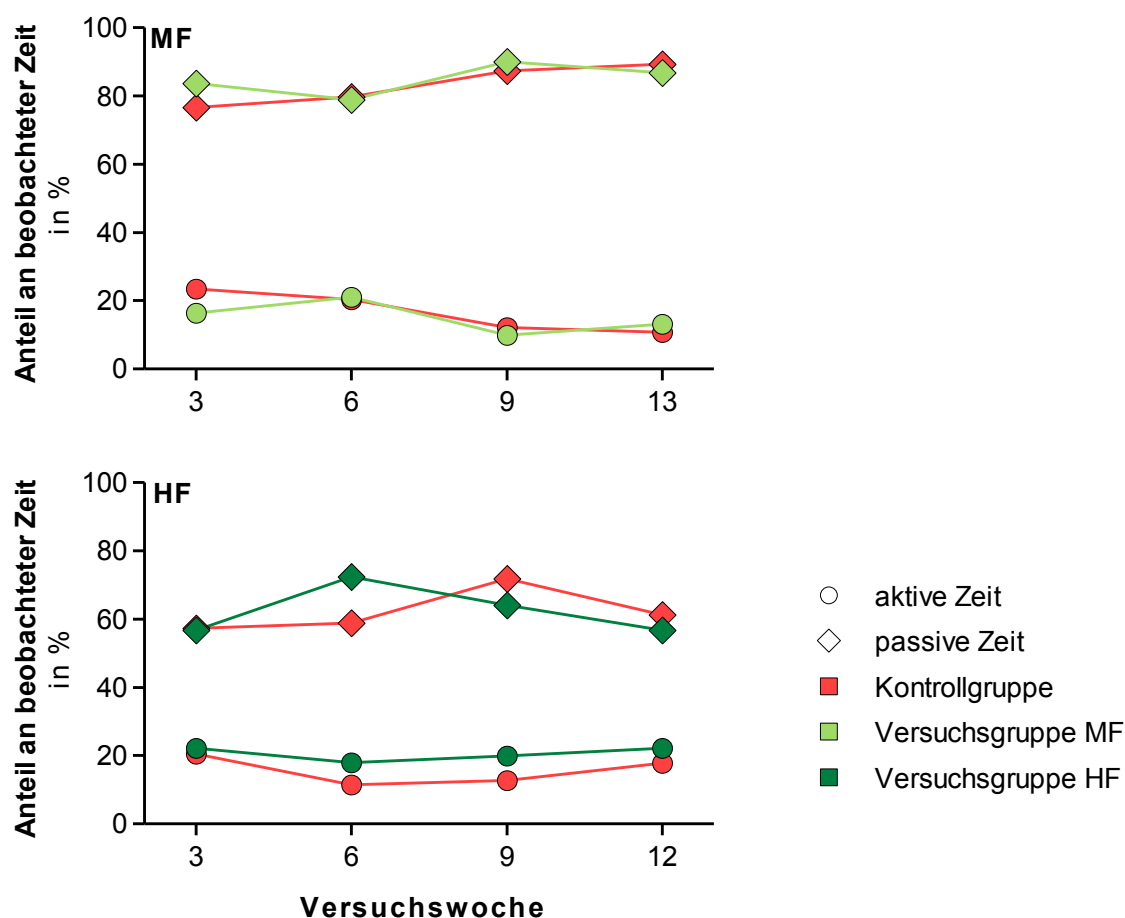


Abbildung 16: Aktivitäts- und Ruhedauer. Anteil der aktiven und passiven Zeit am Beobachtungszeitraum im MF-Versuch und im HF-Versuch, MW aller Fokustiere in jeweils vier Beobachtungszeiträumen.

Einzelne Tiere zeigten zuweilen Aktivitätswerte, die außerhalb dieses Durchschnittsbereichs lagen. Im MF-Versuch zeigte im ersten Beobachtungszeitraum ein Tier der Rohfasergruppe gar kein aktives Verhalten. Zwei Tiere der Rohfasergruppe zeigten unterdurchschnittliche Aktivität im dritten Beobachtungszeitraum. Von den Kontrolltieren war eines überdurchschnittlich aktiv im zweiten Beobachtungszeitraum und zwei unterdurchschnittlich aktiv im vierten Zeitraum.

Im HF-Versuch zeigten zwei Tiere der Rohfasergruppe und eines der Kontrollgruppe im ersten Beobachtungszeitraum eine Aktivität, die über dem durchschnittlichen Rahmen lag. Im zweiten Zeitraum war ein Tier der Rohfasergruppe überdurchschnittlich aktiv, eine Tier der Kontrollgruppe unter dem Durchschnitt. Auch im dritten Zeitraum zeigte ein Kontrolltier unterdurchschnittliche Aktivität. Im vierten Beobachtungszeitraum lag ein Rohfaserschwein wieder deutlich über dem Durchschnitt.

Im MF-Versuch wurde also in beiden Gruppen mehrfach eine sehr niedrige Aktivität einzelner Schweine festgestellt. Im HF-Versuch zeigten Rohfasertiere mehrfach eine erhöhte Aktivität. Bei den zugehörigen Kontrolltieren trat am Versuchsbeginn ebenfalls in einem Fall eine erhöhte Aktivität auf, im weiteren Versuchsverlauf jedoch auch unterdurchschnittliche Aktivitäten.

Zunächst wurde der Anteil an passiver Zeit unabhängig vom Aufenthaltsort betrachtet, das heißt unabhängig davon, ob sich das Tier im Ruhebereich aufhielt oder im Außenbereich ruhte. Bei dieser Betrachtung änderte sich die Gesamtruhedauer im Verlauf der Mast nicht, und unterschied sich auch nicht deutlich zwischen den Tiergruppen.

Fließt der Aufenthaltsort in die Beurteilung mit ein, ergibt sich jedoch ein Bild, das sich im zeitlichen Verlauf verändert (Abbildung 17).

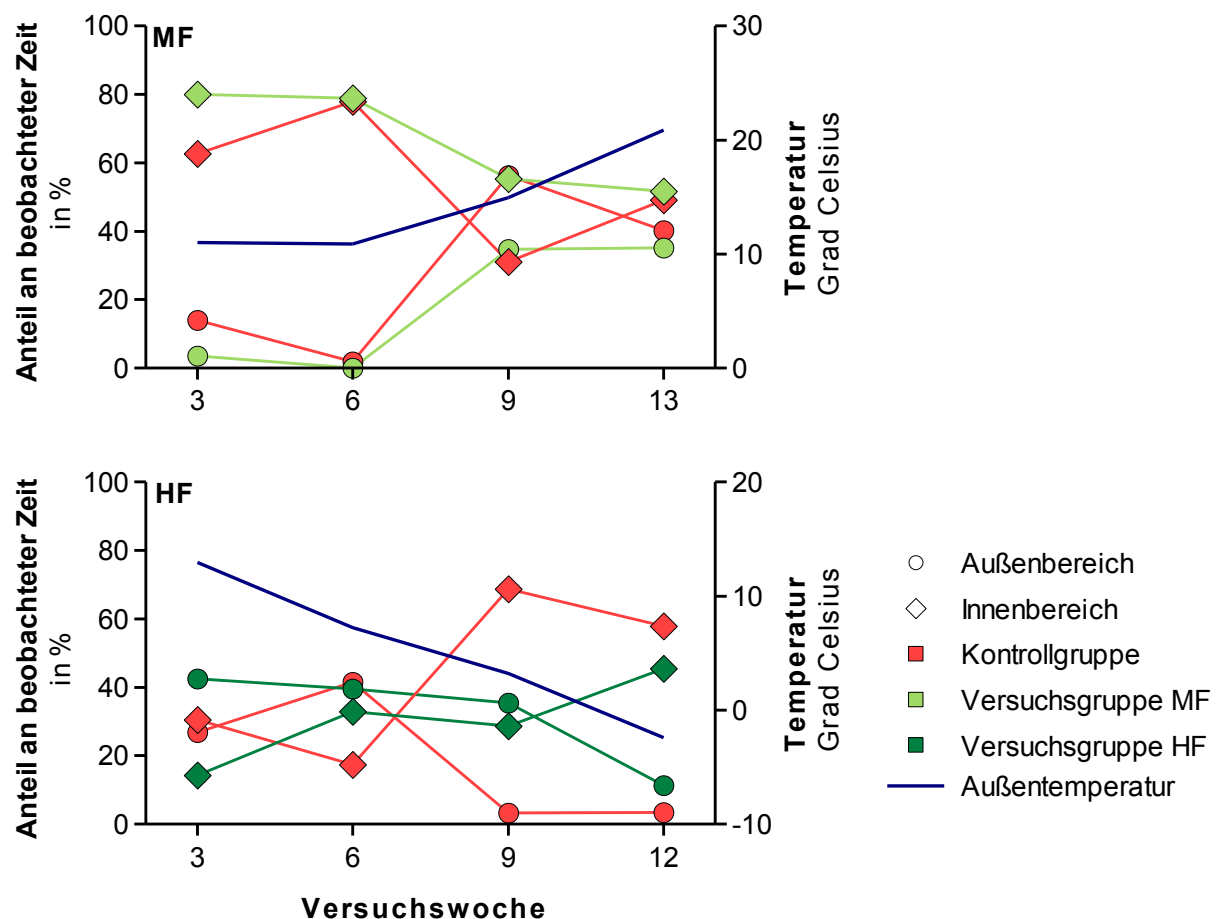


Abbildung 17: Ruhedauer im Innen- und Außenbereich. Anteil der Ruhe im Innen- und Außenbereich aller Fokustiere am Beobachtungszeitraum im MF-Versuch und im HF-Versuch in jeweils vier Beobachtungsintervallen, sowie mittlere Außentemperatur während der Beobachtung.

Im MF-Versuch fand zunächst der Großteil der Ruhe im Innenbereich statt. Im dritten und vierten Beobachtungszeitraum veränderte sich dieses Verhältnis und die Ruhe erfolgte zu ähnlichen Anteilen im Innen- und im Außenbereich. Im HF-Versuch war dieser Ablauf genau umgekehrt. Während in den ersten beiden Beobachtungszeiträumen die Ruhe relativ gleichmäßig auf den Innen- und den Außenbereich verteilt war, ruhten die Tiere in den letzten beiden Beobachtungszeiträumen überwiegend im Innenbereich.

Eine naheliegende Erklärung für dieses Verhalten ist die Entwicklung der Außentemperatur im Verlauf der beiden Versuche. Die mittlere Außentemperatur jedes Beobachtungszeitraumes während der Videoaufzeichnungen ist daher ebenfalls in Abbildung 17 dargestellt. Sie betrug im MF-Versuch, der von März bis Juli lief, in den ersten beiden Beobachtungszeiträumen im Mittel 11 °C, in den letzten beiden im Mittel 15 und 21 °C. Im HF-Versuch von September bis Dezember betrug sie zunächst im Mittel 13 und 7°C, bei der dritten und vierten Beobachtung war es mit 3 und -2 °C im Mittel deutlich kälter.

Bei kälteren Temperaturen wurde demnach zum Ruhen die beheizte Hütte aufgesucht, während bei wärmeren Temperaturen ein Teil der Ruhe im Außenbereich stattfand.

Vergleicht man die Rohfasertiere mit den jeweiligen Kontrolltieren, ist zwar ein ähnliches Muster zu erkennen, aber dennoch sind Unterschiede festzustellen.

Im MF-Versuch verbrachten die Versuchstiere zunächst 80 % der beobachteten Zeit beim Ruhen in der Hütte und größtenteils unter 2 % beim Ruhen im Außenbereich. Die Kontrolltiere ruhten dagegen nur 63 % in der Hütte und 14 % der Zeit draußen. Der Rest der Zeit entfiel auf aktives bzw. nicht definierbares Verhalten. Im zweiten Beobachtungsintervall waren keine Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen, die Ruhe innen betrug bei beiden Gruppen rund 80 %. Auf die Ruhe außen entfielen in beiden Gruppen unter 3 %, ein Tier der Kontrollgruppe und drei der Rohfasergruppe ruhten gar nicht im Außenbereich.

Zum nächsten Beobachtungszeitraum erfolgte die Änderung des bevorzugten Aufenthaltsortes. Die MF-Schweine ruhten nun gut die Hälfte der Zeit drinnen und ein Drittel draußen. Im letzten Beobachtungsintervall blieben die Anteile innen und außen fast gleich. Die Kontrollgruppe dagegen ruhte im dritten Zeitraum nur noch ein knappes Drittel der Zeit im Innenbereich und dafür über die Hälfte der Zeit außen. Im vierten Zeitraum waren die Anteile mit rund 50 % Ruhe innen und 40 % Ruhe außen wieder

leicht zu Gunsten des Innenbereichs verändert. Die Verschiebung des bevorzugten Ruheortes von fast ausschließlich innen zu vermehrt außen war also bei der MF-Rohfasergruppe weniger stark ausgeprägt als bei der zugehörigen Kontrollgruppe.

Der zeitliche Verlauf des bevorzugten Ruheortes ist im HF-Versuch genau umgekehrt zu dem im MF-Versuch. Während zunächst – bei relativ milden Außentemperaturen – sowohl innen als auch außen geruht wurde, verschob sich die Ruhezeit mit sinkender Außentemperatur fast vollständig in den Innenbereich. Auch in diesem Versuch waren dabei Unterschiede zwischen Rohfaser- und Kontrollgruppe zu erkennen.

Die Rohfasergruppe ruhte im ersten Beobachtungsintervall mit über 65 % der Zeit bevorzugt außen und fast gar nicht innen. Nur ein Tier zeigt ein gegenläufiges Profil und ruhte bevorzugt in der Hütte. Die Kontrollgruppe dagegen verteilte ihre Ruhezeiten zu gleichmäßigen Anteilen auf den Außen- und den Innenbereich und ruhte je ein Drittel im Außen- und Innenbereich. Auch hier verhielt sich ein Tier anders und ruhte ausschließlich im Außenbereich.

Im zweiten Beobachtungszeitraum war bei der Rohfasergruppe eine leichte Verschiebung der Ruhe nach innen zu verzeichnen, der Außenbereich wurde aber nach wie vor bevorzugt. Zwei Schweine ruhten deutlich mehr im Innenbereich als zuvor, zwei Tiere jedoch nach wie vor fast gar nicht. Die Kontrolltiere, die zuvor zu gleichen Teilen innen und außen ruhten, zeigten eine leichte Verschiebung der Ruhe in den Außenbereich.

Zum dritten Zeitraum blieb das Verhältnis von Ruhe im Innen- und im Außenbereich bei der Versuchsgruppe ähnlich. Zwei Schweine ruhten wie im vorherigen Beobachtungszeitraum kaum im Innenbereich, zwei vermehrt dort. Nach wie vor wurde im Mittel der Außenbereich bevorzugt.

Bei den Kontrolltieren war hier jedoch eine deutliche Änderung des Ruheortes zu beobachten. Nur noch 4 % der Zeit entfiel auf Ruhe im Außenbereich und über 80 % auf den Innenbereich. Auch im letzten Beobachtungsintervall zeigte die Kontrollgruppe solche Anteile. Die Versuchsgruppe zeigte nun ebenfalls eine Verschiebung der Ruhe vom Außen- zum Innenbereich. Drei der Schweine ruhten ausschließlich in der Hütte. Ein Rohfasertier ruhte jedoch nach wie vor nur draußen.

Die Kontrolltiere zeigten also bei sinkender Temperatur eine deutliche Präferenz für den Innenbereich als Ruhefläche. Die Rohfasertiere ruhten zwar ebenfalls vermehrt innen, jedoch verbrachten einige Tiere nach wie vor einen Teil der Ruhe außen.

4.2.2 Erkundung im Innenbereich

Bisher wurde die Aufenthaltsdauer im innen liegenden Ruhebereich vollständig als Ruhezeit betrachtet. Die Tiere suchten den Ruhebereich jedoch nicht nur zur Ruhe auf, sondern auch zu kürzeren Erkundungsbesuchen. Das Ruhekriterium stellt dabei die Besuchsdauer dar, die kürzere Erkundungsbesuche von längeren Ruhebesuchen trennt. Tabelle 13 zeigt die berechneten Ruhekriterien der einzelnen Tiergruppen.

Tabelle 13: Länge der Ruhekriterien der vier Tiergruppen.

	MF-Versuch		HF-Versuch	
	Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
Ruhekriterium in min	16,89	24,00	37,82	34,12

Die Ruhekriterien beliefen sich im MF-Versuch auf rund eine viertel bis halbe Stunde, im HF-Versuch auf etwas über eine halbe Stunde. Erkundungsbesuche dauerten also im Schnitt maximal eine halbe Stunde, Ruhebesuche über eine halbe Stunde. Die Unterschiede zwischen den Versuchen lassen sich durch die unterschiedlichen Temperaturbedingungen im Außenbereich erklären. Zwischen den Gruppen eines Versuchs bestanden nur Unterschiede von wenigen Minuten.

Die Aufenthaltszeit im Ruhebereich wurde auf Basis der gebildeten Ruhekriterien in Erkundung und Ruhe geteilt. Den Anteil der Erkundung an der gesamten Aufenthaltsdauer im Innenbereich zeigt Abbildung 18. Dargestellt ist der Median je Gruppe und GK. Aufgrund der extrem hohen Streuung wurde auf die Abbildung von Fehlerbalken verzichtet. In nahezu allen GK aller Tiergruppen betrug der maximale Erkundungsanteil 100 %, der minimale 0 %. Dies bedeutet, dass in jeder Tiergruppe und jeder GK einzelne Tiere den Ruhebereich ausschließlich im Rahmen von Erkundungen aufsuchten und einzelne Tiere den Ruhebereich nur zu Ruhebesuchen nutzten und keine Erkundungsbesuche ausführten. Daher wurde für die Darstellung der Daten der Median anstelle des arithmetischen Mittels gewählt, der gegenüber starker Streuung robuster ist.

In der ersten GK ist in beiden Versuchen bei den Rohfasertieren ein geringerer Erkundungsanteil zu verzeichnen als bei den Kontrolltieren. Im MF-Versuch erkundeten die Rohfasertiere nur ein Viertel der Zeit der Kontrolltiere, im HF-Versuch etwa zwei Drittel der Zeit. Dies stellt einen hoch signifikanten bzw. signifikanten Unterschied dar.

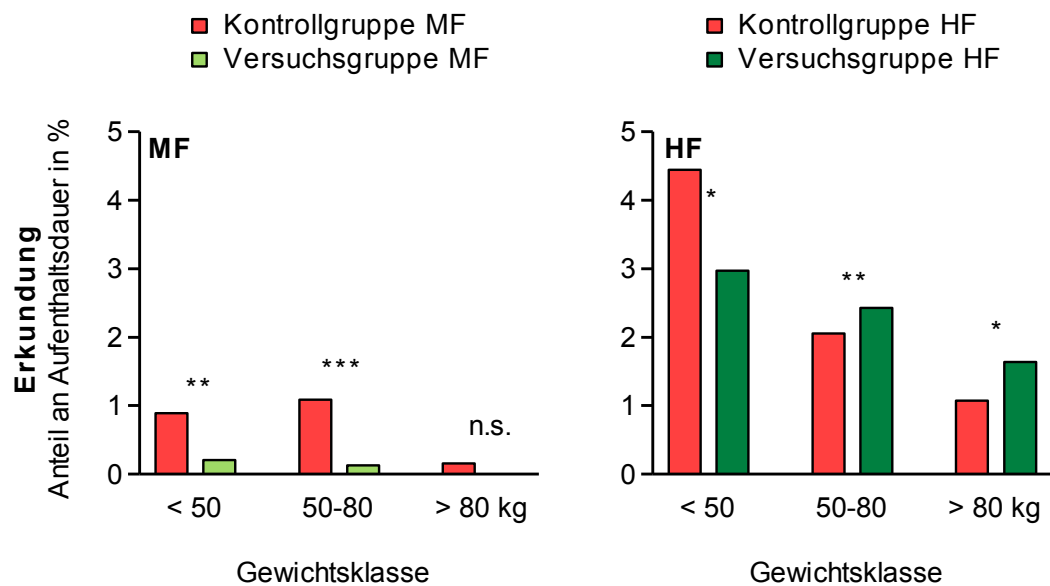


Abbildung 18: Anteil der Erkundungsbesuche am Aufenthalt im Innenbereich. Median der Kontroll- und Versuchsgruppen im MF-Versuch und HF-Versuch.

Auch in der mittleren GK des MF-Versuchs besteht ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die Kontrollgruppe wies einen 10fach höheren Erkundungsanteil auf als die Rohfasergruppe. In der mittleren GK des HF-Versuchs erkundeten die Rohfasertiere jedoch prozentual hoch signifikant mehr als die Kontrolltiere. Der Median beider Gruppen unterscheidet sich zwar nicht sehr deutlich, im arithmetischen Mittel erkunden die Versuchstiere jedoch mehr als doppelt so viel wie die Kontrolltiere.

In der höchsten GK des MF-Versuchs besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Beide Tiergruppen hatten einen mittleren Erkundungsanteil von rund 8% und Mediane gegen 0 %. Im HF-Versuch lag der Erkundungsanteil der Rohfasertiere in der höchsten GK wie in der mittleren GK signifikant über dem der Kontrolltiere. Die HF-Kontrollgruppe dieser GK ist zudem die einzige Tiergruppe, in der der maximale Erkundungsanteil nicht 100 %, sondern nur ca. 50 % betrug. In dieser Gruppe gab es also kein Tier, welches die Hütte ausschließlich zur Erkundung aufsuchte, sondern alle Tiere führten auch Ruhebesuche aus.

Im HF-Versuch lagen die Mediane des Erkundungsanteils insgesamt deutlich höher als im MF-Versuch und betrugen das bis zu 20fache. Die arithmetischen Mittelwerte dagegen waren in etwa doppelt so hoch. Wegen der großen Streuung wurden die Mediane hier als aussagekräftiger betrachtet.

Die Vergleichbarkeit der beiden Versuche war jedoch wegen der unterschiedlichen Temperaturbedingungen kaum gegeben.

Insbesondere im Verlauf des HF-Versuchs war eine deutliche Verringerung des Erkundungsanteils über die Zeit zu erkennen, was durch den insgesamt höheren Erkundungsanteil zu erklären ist.

Im MF-Versuch zeigten die Rohfasertiere zunächst eindeutig weniger Erkundungsanteile als die Kontrolltiere, in der höchsten GK ist der Anteil bei Rohfaser- und Kontrolltieren gleichermaßen gering. Im HF-Versuch dagegen bestand nur in der ersten GK ein geringerer Erkundungsanteil der Rohfasertiere, in den folgenden beiden GK war er sogar höher als bei den Kontrolltieren. Diese Ergebnisse zeigen kein klares Muster und lassen daher keine Rückschlüsse auf einen Einfluss des Futters auf die Erkundung im Ruhebereich zu. Auf eine detaillierte Untersuchung von weiteren Parametern wie beispielsweise der Häufigkeit von Erkundungsbesuchen wurde deswegen an dieser Stelle verzichtet.

4.2.3 Aktivität im Außenbereich

Bisher wurde die Dauer der Aktivität als zeitlicher Anteil betrachtet. Dabei wurden verschiedene Ausprägungen wie Stehen und Laufen gleichwertig beurteilt. Die Intensität der Aktivität kann jedoch deutlich variieren. Für die weitere Beurteilung der Qualität des aktiven Verhaltens wurden die sensorbasiert erhobenen Daten herangezogen.

Je aktiver ein Tier sich innerhalb des Geheges bewegte, desto häufiger wechselte es zwischen den einzelnen Aufenthaltsbereichen hin und her. Außerdem gab es vermehrt Besuche an den Erkennungsstellen, ohne dass das entsprechende Tor auch passiert wurde. Die Erkennungshäufigkeit an den Toren kann deshalb als Maßzahl für die Aktivität der Schweine betrachtet werden. Eine Filterung der Daten auf eine logische Abfolge der Torbesuche durfte dafür selbstverständlich nicht erfolgen.

Abbildung 19 zeigt die mittlere tägliche Anzahl aller Erkennungsereignisse an den Durchgangstoren pro Tiergruppe in beiden Versuchen. Dabei zeigte sich, dass im MF-Versuch kein signifikanter Unterschied zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe bestand. Die Tiere beider Gruppen wurden im Mittel pro Tag 18 Mal erkannt, in der Rohfasergruppe maximal 100 Mal und in der Kontrollgruppe maximal 90 Mal. Im HF-Versuch hingegen wurden Tiere der Versuchsgruppe mit täglich 16 Mal signifikant seltener erkannt als die der Kontrollgruppe mit 17 Mal, was auf eine reduzierte Aktivität

der Versuchsgruppe hindeutet. Auch die maximale Erkennungshäufigkeit der Kontrollgruppe war mit 113 Mal höher als die der Rohfasergruppe mit maximal 85 Mal. Das Minimum war in allen Gruppen gleich und lag bei einer Erkennung am Tag.

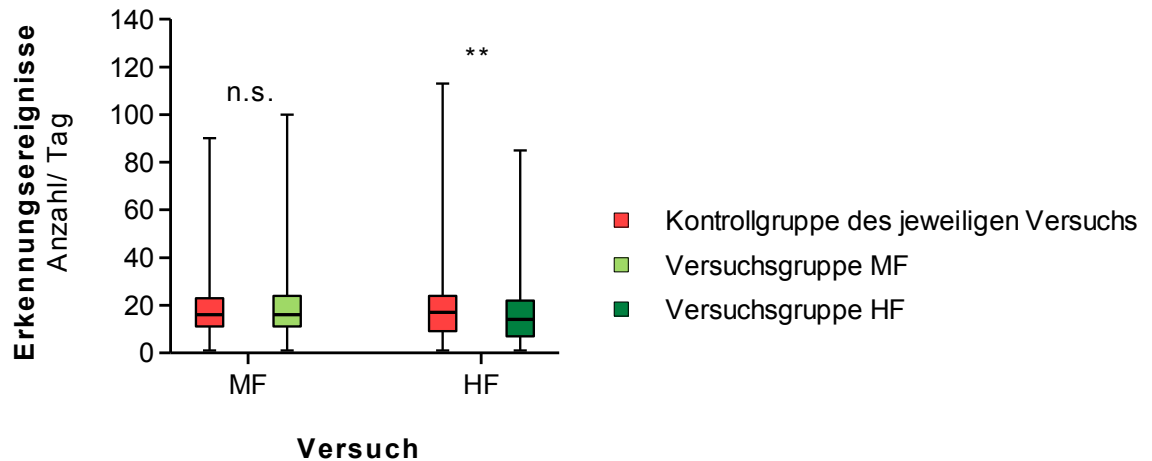


Abbildung 19: Anzahl der Erkennungsereignisse der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Betrachtet man die Anzahl der Torkontakte in den einzelnen Gewichtsklassen, ist das Bild jedoch weniger eindeutig. Dargestellt ist dies in Abbildung 20. Signifikant geringere Torkontaktzahlen bei der Versuchsgruppe finden sich nur in zwei von sechs Vergleichen.

In der niedrigsten GK des MF-Versuchs wurden die Rohfasertiere mit 21 Erkennungen im Mittel höchst signifikant seltener registriert als die Kontrolltiere mit 24 Erkennungen. Die maximale Erkennungszahl ist bei den Rohfaserschweinen jedoch höher als bei den Kontrollschweinen.

Im HF-Versuch unterschieden sich die Gruppen in der unteren GK nicht signifikant voneinander. Auffällig ist hier eine niedrige Erkennungshäufigkeit bei einem großen Teil der Tiere. Ein Viertel aller Werte in beiden Gruppen betrug 0 oder 1 Erkennung pro Tag.

In der mittleren GK bestand in beiden Versuchen kein signifikanter Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrolltieren. Im MF-Versuch war die Erkennungshäufigkeit in beiden Gruppen 17, im HF-Versuch 15 Mal täglich. Die maximale Erkennungszahl lag bei allen Gruppen bei höchstens 60.

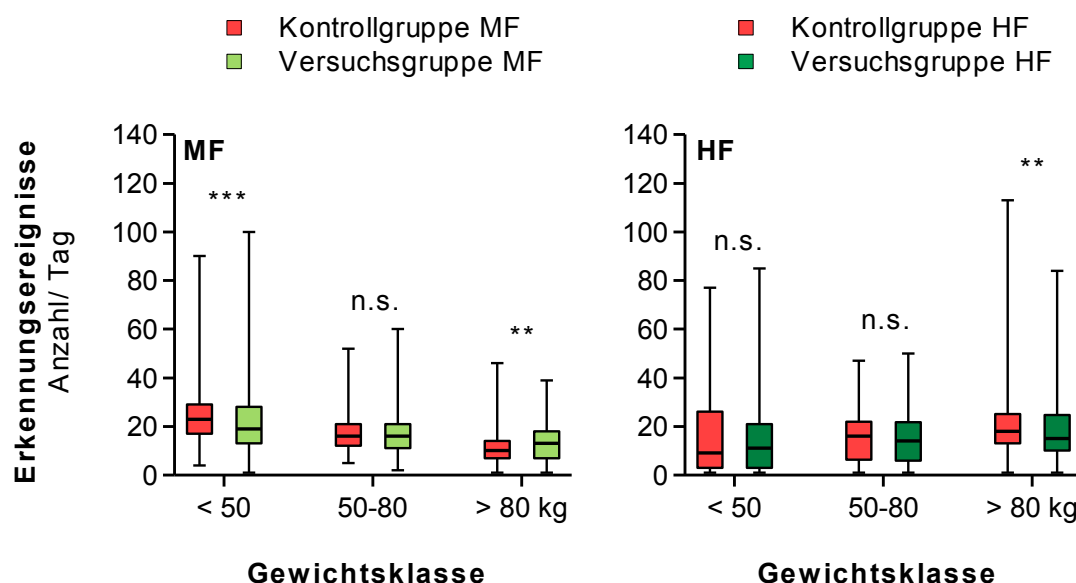


Abbildung 20: Anzahl der Erkennungsergebnisse je Gewichtsklasse der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

In der höchsten GK des MF-Versuchs zeigt die Versuchsgruppe mit 14 hoch signifikant mehr Torkontakte als die Kontrolle mit 12. Die maximale Erkennungszahl ist in der Kontrollgruppe jedoch etwas höher. In der obersten GK des HF-Versuchs bestand bei den Rohfasertieren mit 18 Torkontakten eine signifikant seltenere Erkennung als bei den Kontrolltieren mit 20 Erkennungen. Auch die maximale Erkennungszahl unterscheidet sich hier deutlich. Mit maximal 113 Erkennungen ist sie in der Kontrollgruppe höher als in der Rohfasergruppe mit maximal 84 Erkennungen und in beiden Gruppen viel höher als in den vorherigen GK.

Eine klare Entwicklung der Erkennungshäufigkeit mit wachsendem Körpergewicht ist nicht zu erkennen. Während sowohl die mittlere als auch die maximale Zahl der Torkontakte im MF-Versuch mit steigender GK geringfügig abfällt, ist im HF-Versuch kein klarer Trend zu sehen. Die geringste mittlere Erkennungszahl ist in der unteren GK zu finden, die niedrigsten Maxima jedoch in der zweiten GK. Ebenso wenig unterlag das Verhältnis der Erkennungshäufigkeit zwischen Versuchs- und Kontrolltieren einer deutlichen Veränderung im Mastverlauf.

Ein eindeutiger Effekt der Fütterung auf die Aktivitätsintensität ist daher hier nicht festzustellen.

4.2.4 Beschäftigung im Außenbereich

Nachdem der prozentuale Anteil sowie die Intensität der Aktivität untersucht wurden, bleibt nun zu klären, welche konkreten Verhaltensweisen während der aktiven Zeit ausgeführt wurden. Um den Einfluss des rohfaserhaltigen Futters auf die Form der Beschäftigung der Tiere zu untersuchen, wurden die Daten der Videoanalyse herangezogen. Dazu standen pro Gruppe die Daten von vier ausgewählten Fokustieren zur Verfügung. Die verschiedenen Beobachtungszeiträume eines Versuchs wurden zusammengefasst betrachtet. Aus den auf den Filmen erkannten unterschiedlichen Verhaltenskomplexen wurden vier relevante Verhaltensweisen ausgewählt, die einem Einfluss durch die Fütterung unterliegen könnten. Abbildung 21 zeigt die Häufigkeit der vier Verhaltensweisen für jedes beobachtete Einzeltier.

Der markanteste gezeigte Verhaltenskomplex der Schweine war dabei zweifellos der des explorativen Verhaltens („Erkundung“). Die Erkundung des Geheges spiegelt das allgemeine Futtersuch- und Erkundungsverhalten der Schweine wider. Sie umfasst die Erkundung des Bodens sowie aller Bauteile des Geheges. Der Großteil der Tiere zeigte das Verhalten zu rund 5 %, genauer zwischen 3 und 7 % der beobachteten Zeit.

Im MF-Versuch verwendeten drei der Kontrolltiere zwischen 4,3 und 6,4 % der beobachteten Zeit für solche explorativen Verhaltensweisen. Das vierte Tier zeigte das Verhalten mit 10,0 % ca. doppelt so oft. Die Anteile der Versuchstiere waren mit 4,7 % bis 6,6 % ähnlich hoch wie die der ersten drei genannten Kontrolltiere.

Im HF-Versuch zeigten die Kontrolltiere ähnliche Anteile wie die des MF-Versuchs. Drei Tiere erkundeten zwischen 3,8 und 5,7 % der beobachteten Zeit, das vierte mit 8,8 % deutlich mehr. Zwei der Rohfasertiere zeigten mit 4,8 und 5,8 % ebenfalls Erkundungsanteile in einem mit dem der meisten Tiere vergleichbaren Bereich. Die zwei weiteren Tiere erkundeten 11,5 und 15,2 % der beobachteten Zeit und damit mehr als doppelt so lange.

Es erkundeten also je ein Tier beider Kontrollgruppen und zwei Tiere der HF-Versuchsgruppe deutlich mehr als der Durchschnitt der Tiere, jedoch kein Tier der MF-Versuchsgruppe. Kein Tier erkundete deutlich weniger als der Durchschnitt. Ein Einfluss des Rohfasergehalts auf das Erkundungsverhalten ist also nicht festzustellen.

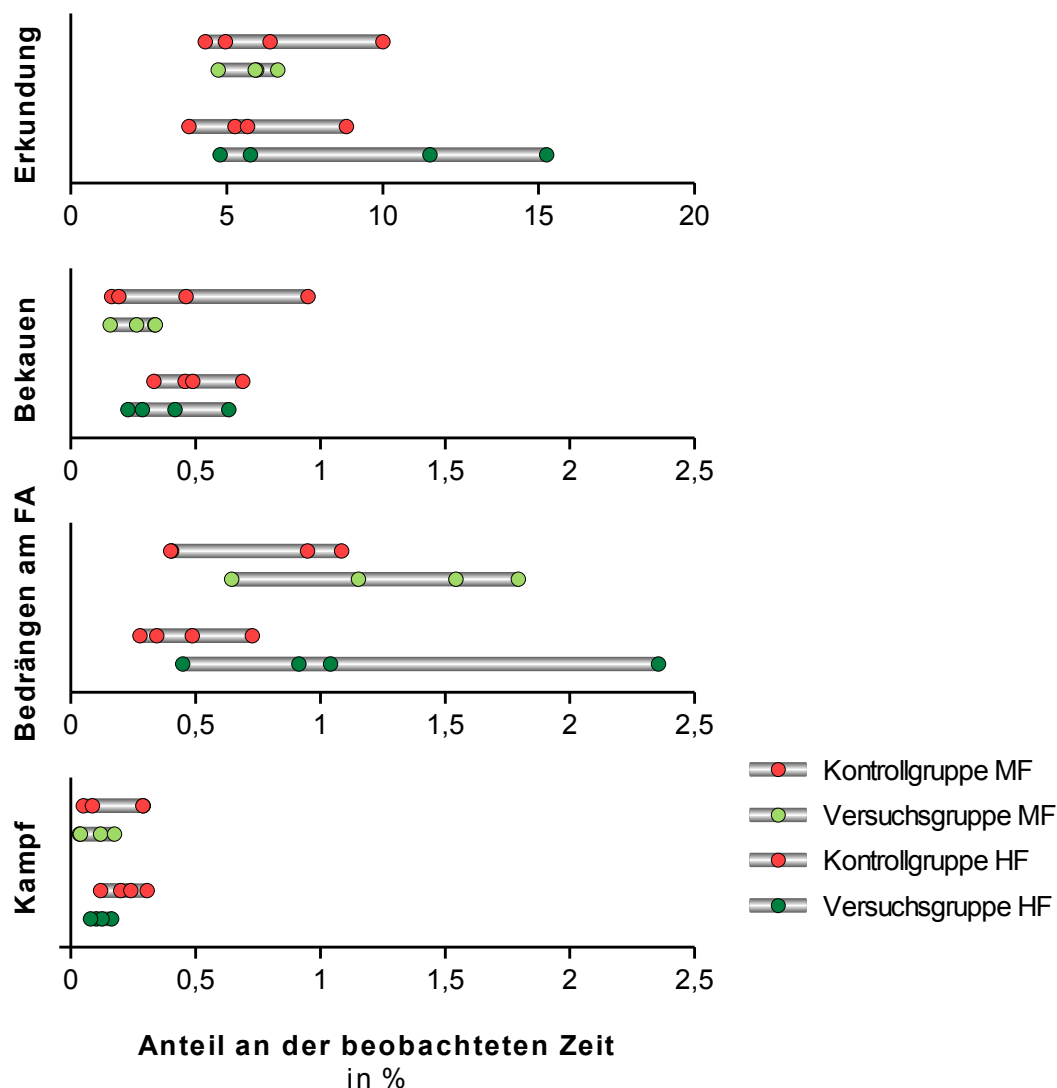


Abbildung 21: Anteil ausgesuchter Verhaltensweisen an der Gesamtbeobachtungszeit in %. Alle Fokustiere der jeweiligen Kontrollgruppe und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch. Erklärung der Verhaltensweisen siehe Text. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der x-Achsen.

Als zweites relevantes Verhalten wurde das Bekauen von Artgenossen untersucht, welches nicht im Zusammenhang mit aggressiven Auseinandersetzungen stand und nicht an Tieren vorgenommen wurde, die am Futterautomaten standen („Bekauen“). Vielmehr wurde eine explorative Motivation zum Bekauen angenommen. Wurde das Bekauen eines Artgenossen an einem Tier vorgenommen, welches gerade am Futterautomaten stand, so wurde dies als eigenständige Verhaltensweise getrennt betrachtet. Dem zugrunde liegt die Annahme, dass das Bekauen des Tieres hier nicht als Teil des Verhaltenskomplexes „Erkundung“ ausgeführt wurde, sondern gezielt der Verdrängung des Artgenossen vom Futterplatz diene. Das Bekauen von Artgenossen als Teil des explorativen Verhaltens ist

in der Praxis von großer Bedeutung, da es zu erheblichen Verletzungen der Tiere führen kann und allgemein als Zeichen eines geringen Tierwohls betrachtet wird.

Im MF-Versuch zeigten drei der Kontrolltiere das Verhalten „Bekauen“ zwischen 0,16 und 0,46 % der beobachteten Zeit. Das vierte Kontrolltier bekaute Artgenossen mehr als doppelt so lange. Die Versuchstiere verwendeten zwischen 0,16 und 0,34 % der Zeit auf das Bekauen und unterschieden sich somit nicht von den meisten Kontrolltieren.

Die Tiere des HF-Versuchs verwendeten insgesamt mehr Zeit für dieses Verhalten, jedoch unterschieden sich Rohfaser- und Kontrollgruppe hier nicht voneinander. Die Kontrolltiere zeigten das Verhalten zwischen 0,33 und 0,69 % und die Versuchstiere zwischen 0,23 und 0,63 % der Zeit. Auch bei dieser Verhaltensweise ist also kein systematischer Unterschied zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren zu erkennen.

Agonistisches Verhalten gegenüber Tieren, die am Futterautomaten standen, wurde regelmäßig beobachtet („Bedrängen am FA“). Dazu gehörten Bekauen und Beißen der Tiere in weniger aggressiver bis sehr aggressiver Form, Aufreiten und Verdrängen. In beiden Versuchen wurde dieses Verhalten von den Rohfasertieren deutlich häufiger ausgeführt als von den Kontrolltieren.

Im MF-Versuch zeigten die Kontrolltiere das Bedrängen von fressenden Artgenossen zwischen 0,40 und 1,09 % der Zeit. Die Rohfasertiere führten das Verhalten im Mittel fast doppelt so lange aus, nämlich zwischen 0,64 und 1,79 %. Dabei zeigten drei der vier Versuchstiere das Verhalten länger als alle Kontrolltiere.

Im HF-Versuch ist der Unterschied zwischen den Gruppen noch deutlicher. Die Kontrolltiere bedrängten fressende Artgenossen zwischen 0,28 und 0,73 % der beobachteten Zeit. Die Versuchstiere zeigten das Verhalten zwischen 0,45 und 2,36 % der beobachteten Zeit und somit im Mittel mehr als doppelt so lange. Auch im HF-Versuch lagen drei der vier Rohfasertiere mit ihren Anteilen über denen aller Kontrolltiere. Somit ist ein deutlicher Einfluss der Fütterungsgruppe auf das Auftreten agonistischer Verhaltensweisen am Futterautomaten zu erkennen.

Als vierte Verhaltensweise wurde das Auftreten von kämpferischen Auseinandersetzungen betrachtet, unabhängig davon, ob diese in aggressivem oder spielerischem Kontext auftraten („Kampf“). Wegen des geringen Anteils dieser Verhaltensweise von maximal 0,3 % an der beobachteten Gesamtzeit scheint der

Unterschied zwischen den Rohfaser- und den Kontrollgruppen auf den ersten Blick nur gering zu sein.

Zwei der Kontrolltiere im MF-Versuch zeigten Kampfverhalten in 0,05 und 0,09 % der Zeit. Die anderen beiden Kontrolltiere kämpften mit 0,29 % der beobachteten Zeit mehr als drei Mal so viel. Die Rohfasertiere kämpften zwischen 0,03 und 0,18 % der Zeit. Dies entspricht dem Bereich der beiden wenig kämpfenden Kontrolltiere. Im Mittel kämpften die Versuchstiere halb so viel wie die Kontrolltiere.

Im HF-Versuch verwendeten die Tiere ähnlich geringe zeitliche Anteile auf das Kämpfen. Die Kontrolltiere kämpften zwischen 0,12 und 0,31 % der Zeit. Die Versuchstiere zeigten Kampfverhalten zwischen 0,08 und 0,16 % und somit nur halb so lange wie die Kontrollschweine.

Es ist also zu vermerken, dass in beiden Versuchen bei einem insgesamt geringen Auftreten von Kampfverhalten die Rohfasertiere beinahe halb so viel Zeit mit Artgenossen kämpften wie die jeweiligen Kontrolltiere.

4.2.5 Beschäftigung mit Pendelspielzeug

Um weitere Erkenntnisse über die Erkundungsmotivation der Schweine zu erhalten, wurde den Versuchstieren im HF-Versuch zeitweise ein Beschäftigungsgegenstand in Form einer pendelnden Stange zur Verfügung gestellt. Die Tiere beider Gruppen zeigten unmittelbares Interesse an dem Gegenstand. Sie bewegten die Stange durch Anstoßen mit dem Rüssel, berochten sie und versuchten, hineinzubeißen und darauf herumzukauen, was durch die hohe Beweglichkeit der Stange kaum möglich war. Bei allen diesen Erkundungsversuchen wurden die Stangen zum Teil heftig bewegt. Eine tierindividuelle Zuordnung der Spielzeugnutzung war aufgrund der Messtechnik nicht möglich. Meistens wurde die Stange zudem von mehreren Tieren gleichzeitig erkundet. Es wurde also nur gemessen, wie oft die Pendelstange jeder Gruppe bewegt wurde. Bei beiden Gruppen fand eine Messung der Pendelnutzung über zwei Zeiträume von jeweils einer Woche statt. Das Pendel der Rohfasergruppe wurde im ersten Zeitraum ca. 13.000 Mal und im zweiten Zeitraum ca. 15.000 Mal bewegt. Die Kontrollgruppe bewegte ihr Pendel rund 27.500 Mal im ersten und ca. 23.000 Mal im zweiten Zeitraum (Abbildung 22).

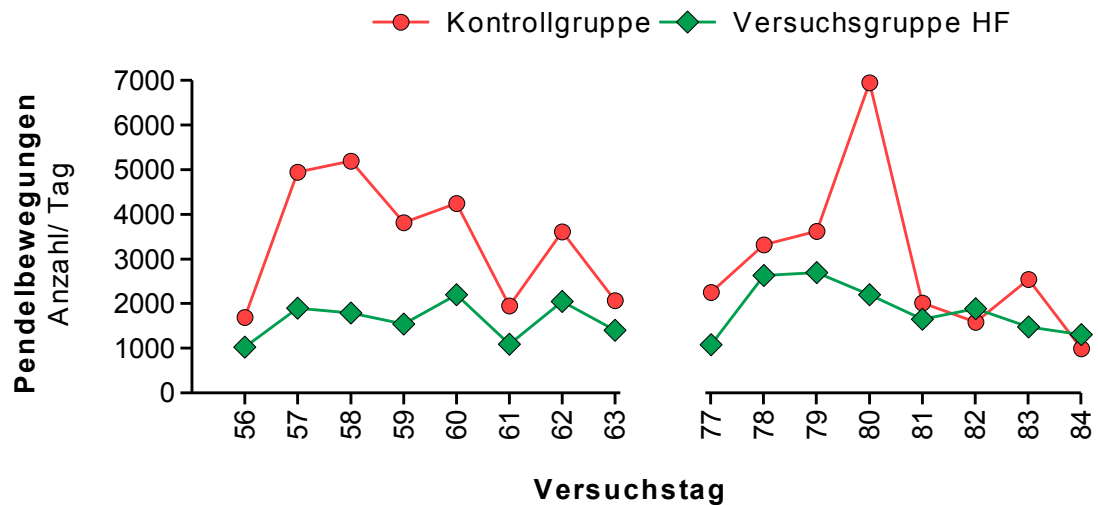


Abbildung 22: Anzahl der Pendelbewegungen pro Tag in der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe des HF-Versuchs für zwei Mal acht Versuchstage.

Dies entspricht einem Faktor von 2,1 im ersten und von 1,6 im zweiten Zeitraum. Dieser Unterschied ist statistisch hoch signifikant, wenn beide Zeiträume gemeinsam betrachtet werden (t-test; $n=16$, $p < 0,001$). Die mittlere Nutzungsintensität pro Tag betrug bei der Versuchsgruppe 1742 Pendelbewegungen, bei der Kontrollgruppe 3175 Bewegungen. Auch für den ersten Zeitraum allein betrachtet ergaben sich signifikante Unterschiede (t-test, $n=8$, $p < 0,002$) zwischen den Gruppen. Hier ist eine mittlere tägliche Nutzung von 1622 Bewegungsimpulsen in der Versuchsgruppe und von 3439 Impulsen in der Kontrollgruppe zu verzeichnen. Im zweiten Versuchszeitraum bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Tiergruppen (t-Test, $n=8$, $p > 0,05$).

Die Rohfasertiere zeigten hier eine höhere mittlere tägliche Nutzungsintensität als im ersten Messzeitraum. Sie betrug im Mittel 1862 Bewegungen, was einer Steigerung von 15 % entspricht. Die Kontrolltiere zeigten dagegen im zweiten Zeitraum eine Verminderung gegenüber dem ersten Zeitraum um 15% auf einen Mittelwert von 2911 Bewegungen täglich. Die Gruppen näherten sich demnach in zweiten Zeitraum aneinander an.

Deutlich zu sehen ist der Abfall der Nutzung durch die Kontrolltiere im Verlauf beider Zeiträume. Das insgesamt niedrigere Niveau der Rohfasertiere blieb dagegen im ersten Zeitraum konstant, im zweiten fiel es leicht ab.

Bemerkenswert ist zudem ein extremer Anstieg der Pendelbewegungen in der Kontrollgruppe am vierten Tag des zweiten Zeitraums auf etwa das Doppelte des Vortags. Bis auf die ersten Schneefälle, die jedoch beide Tiergruppen gleichermaßen betrafen, konnten hier jedoch keine Besonderheiten festgestellt werden, die eine erhöhte allgemeine Aktivität oder eine vermehrte Beschäftigung mit dem Spielzeug erklären könnten. Die genauere Betrachtung der Daten ergab, wie die Nutzungsintensität des Pendels durch die Kontrollgruppe an diesem Tag von anderen Tagen abweicht. Dazu wurde zunächst die durchschnittliche Nutzung im Tagesverlauf betrachtet.

Die Anzahl der Pendelbewegungen wurde im Viertelstundentakt aufgenommen. Aus allen Messtagen wurden Mittelwerte für jeden Messzeitpunkt gebildet, um die Nutzung der Pendelstange im circadianen Verlauf zu erkennen. Es zeigt sich eine hauptsächliche Nutzung während des Tages mit einer andeuteten zweigipfeligen Verteilung (Abbildung 23).

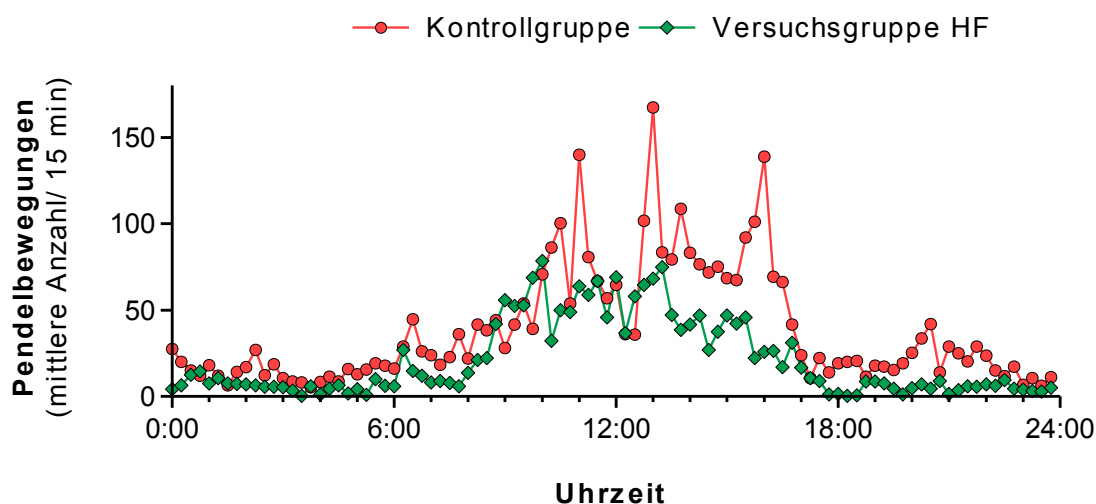


Abbildung 23: Verteilung der Pendelbewegungen im Tagesverlauf. Mittlere Anzahl der Pendelbewegungen für jedes 15-Minuten-Intervall des Tages, ermittelt aus 16 Versuchstagen, für die Kontrollgruppe und die Versuchsgruppe des HF-Versuchs.

Die höchste Nutzungsintensität war demnach zwischen 10:00 und 11:30 Uhr sowie zwischen 12:30 und 16:00. Auch während der Nachtstunden wurden Bewegungen des Pendels registriert. Rohfaser- und Kontrollgruppe zeigten einen übereinstimmenden Tagesverlauf, der sich nur in der Höhe der Peaks unterschied.

Am fraglichen Tag 80 mit einer extrem hohen Nutzungsintensität durch die Kontrolltiere zeigten zunächst beide Gruppen eine normal niedrige Nutzung während der Nacht- und

Morgenstunden und eine erhöhte Nutzung am Tag. Ab 14:00 Uhr sank die Nutzung durch die Rohfasergruppe wie üblich ab. Die Nutzung durch die Kontrolltiere blieb jedoch weiterhin auf einem sehr hohen Niveau, das nur langsam absank und auch um 24:00 Uhr noch höher als gewöhnlich war. Es fand also zu keinem Messzeitpunkt eine überdurchschnittlich hohe Nutzung statt, sondern die Nutzungsdauer an dem betreffenden Tag war ungewöhnlich lang.

4.3 Leistung

Neben einem Effekt auf verschiedene Verhaltensweisen des Schweins wurde auch der Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistung der Tiere untersucht. Die allgemeine Befürchtung von gravierenden Leistungseinbußen ist der Grund, warum rohfaserreiches Futter für Mastschweine bisher weitgehend ausgeschlossen und seine tatsächliche Auswirkung kaum untersucht wurde.

Um die Leistung der untersuchten Tiere zu beschreiben, wurden die täglichen Zunahmen, der Futteraufwand sowie die Daten der Schlachtkörperbeurteilung herangezogen.

4.3.1 Tageszunahmen und Futteraufwand

Die Tiere der Rohfasergruppe und der Kontrollgruppe starteten in beiden Versuchen mit dem gleichen mittleren Körpergewicht. Das Gewicht der Tiere zu Versuchsbeginn betrug 23,0 kg im MF-Versuch und 40,1 kg im HF-Versuch. Der Unterschied zwischen den Versuchen war nicht geplant und ergab sich aus dem Altersunterschied des vorhandenen Tiermaterials. Auch die Inhomogenität der Tiere in Bezug auf ihr Körpergewicht erschwerte die Vergleichbarkeit der Tiere untereinander. Die Standardabweichung betrug in beiden Versuchen rund 10 % des Mittelwerts und war somit ungewollt groß. Insgesamt schwankte das Anfangsgewicht der Tiere im MF-Versuch um 11,5 kg und im HF-Versuch um 15 kg, was 50 % bzw. 37 % des mittleren Gewichts entspricht.

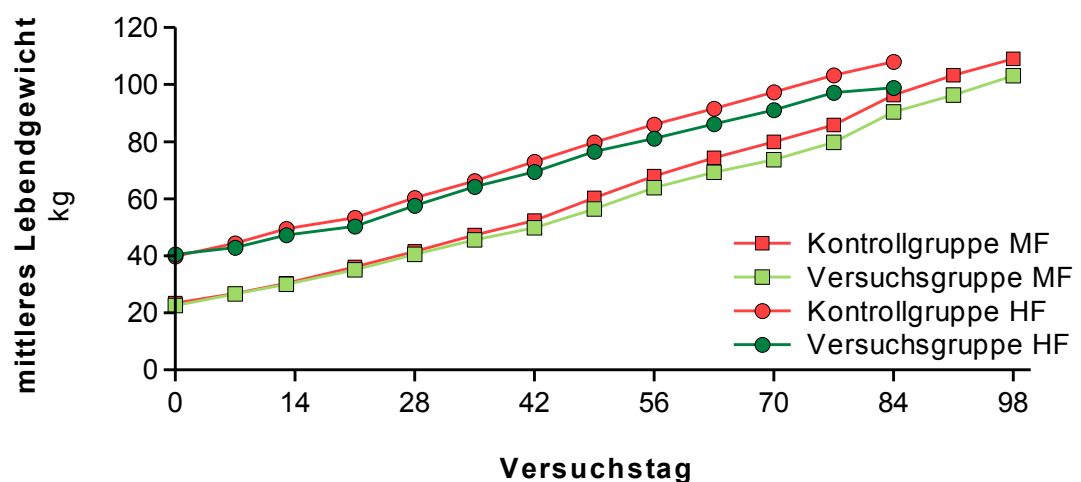


Abbildung 24: Entwicklung der Lebendgewichte. Mittelwert pro Gruppe und Messtermin.

Wie Abbildung 24 zeigt, nahmen alle Tiergruppen im Mittel kontinuierlich annähernd linear zu. Dabei zeigte sich in beiden Versuchen eine geringere Zunahme bei der Versuchsgruppe, sodass zum Ende der Versuche das mittlere Gewicht der jeweiligen Kontrollgruppe höher als das der Versuchsgruppe war. Nach Beendigung des MF-Versuchs am 98. Versuchstag wogen die Tiere der Versuchsgruppe im Mittel 103,2 kg und die der Kontrollgruppe 109,1 kg. Am Ende des HF-Versuchs nach 84 Tagen wogen die Tiere der Versuchsgruppe im Mittel 98,9 kg und die Kontrolltiere 107,6 kg. Dies entspricht einem Mehrgewicht der Kontrolltiere von rund 6 kg im MF-Versuch und rund 8 kg im HF-Versuch. Die Standardabweichungen lagen im MF-Versuch bei 9 % und haben sich somit im Vergleich zum Versuchsanfang nicht stark verändert. Die absoluten Schwankungen betrugen rund 30 kg.

Das gleiche traf für die Kontrollgruppe im HF-Versuch zu. Die HF-Rohfasergruppe dagegen wies am Versuchsende eine Standardabweichung von 14 % auf. Die absolute Bandbreite der Endgewichte erstreckte sich in dieser Tiergruppe über 48 kg, was dadurch zu erklären ist, dass drei Tiere dieser Gruppe unter 85 kg wogen und somit mehr als 15 % vom Gruppenmittel abwichen.

Das Lebendgewicht der Tiere wurde wöchentlich erfasst und daraus eine rechnerische tägliche Lebendmassezunahme ermittelt. Die Tageszunahmen nach Gewichtsklasse sind in Abbildung 25 dargestellt.

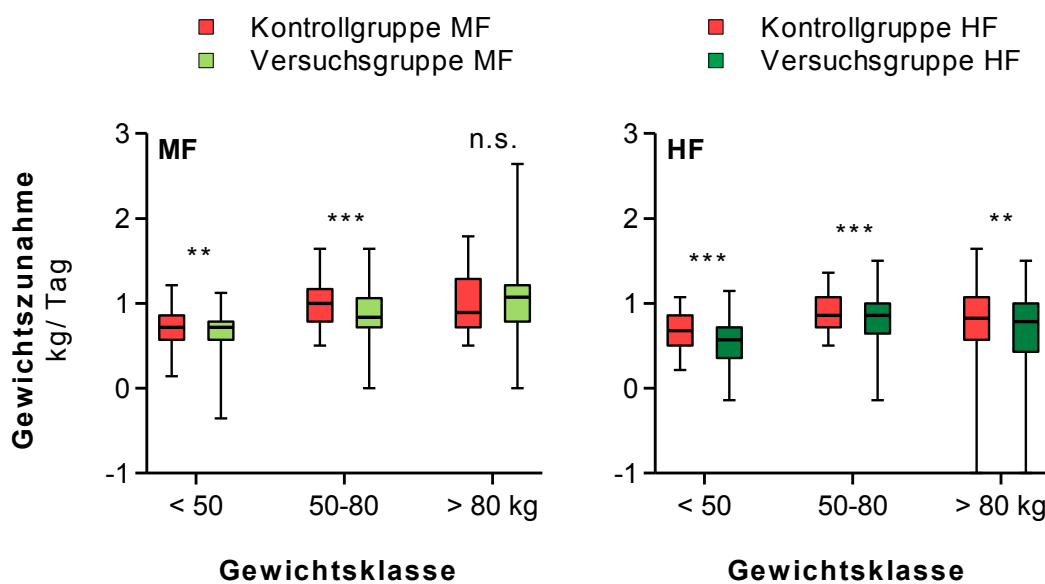


Abbildung 25: Tägliche Lebendmassezunahme der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Es zeigte sich eine fast durchgängig signifikant geringere tägliche Lebendmassezunahme bei den Rohfasertieren im Vergleich zu den Kontrolltieren.

In der niedrigsten GK beider Versuche war die mittlere tägliche Gewichtszunahme in der Versuchsgruppe nur geringfügig niedriger als in der Kontrollgruppe. Der Median unterschied sich im MF-Versuch nicht, im HF-Versuch war er bei den Rohfasertieren um 20 % geringer. Das Minimum beider Rohfasergruppen lag in dieser GK jedoch unter null, das heißt, es traten bei einigen Tieren Gewichtsverluste auf. Somit war ein hoch bzw. höchst signifikanter Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen zu verzeichnen.

In der mittleren GK lag in beiden Versuchen ein höchst signifikanter Unterschied vor. Hier war der Median der Rohfasergruppe im MF-Versuch um 17 % geringer als der der Kontrollgruppe, im HF-Versuch waren die Mediane gleich groß. Abermals waren jedoch die Minima in den Rohfasergruppen sehr gering. Während in den Kontrollgruppen alle Werte über 500 g Tageszunahme lagen, lag das Minimum im MF-Versuch bei 0 g, was einer Stagnation des Wachstums entspricht, und im HF-Versuch abermals im negativen Bereich.

In der höchsten GK des MF-Versuchs unterschieden sich die Zunahmen zwischen den Gruppen nicht. Der Median der Rohfasergruppe war hier sogar um 9 % höher als der der Kontrollgruppe, allerdings streuten die Werte wieder deutlich. Abermals traten mit Zunahmen von 0 g Wachstumsstagnationen auf, aber auch sehr hohe Tageszunahmen von bis zu 2,6 kg. Im HF-Versuch dagegen war auch in dieser GK die Zunahme der Versuchstiere hoch signifikant geringer als die der Kontrolltiere. Auffällig war hier vor allem, dass in beiden Gruppen deutliche Gewichtsverluste von bis zu einem Kilogramm auftraten.

Die tägliche Zunahme aller Gruppen stieg von der ersten zur mittleren GK deutlich an. Zur höchsten GK fiel sie wieder leicht ab, ohne unter das Niveau der ersten GK zu sinken. Lediglich in der Rohfasergruppe des MF-Versuchs war von der mittleren zur letzten GK ein weiterer Anstieg zu verzeichnen. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden Prüftageszunahmen ermittelt von 822 g in der Rohfasergruppe und 874 g in der Kontrollgruppe des MF-Versuchs, und von 697 g in der Rohfasergruppe und 812 g in der Kontrollgruppe des HF-Versuchs.

Der Futteraufwand beschreibt das Verhältnis des von den Tieren aufgenommenen Futters zur Lebendmassezunahme (LMZ). Neben der absoluten Gewichtszunahme ist dies eine wichtige Kennzahl für die Mastleistung. Betrachtet man das vollständige Futter inklusive dem Zusatz an Lignocellulose, bestand kein signifikanter Unterschied im Futteraufwand zwischen Rohfaser- und Kontrolltieren. Lediglich in der höchsten GK des HF-Versuchs zeigten die Tiere der Rohfasergruppe einen signifikant höheren Futteraufwand als die Kontrolltiere, waren also weniger effektiv bei der Umwandlung des Futters in Körpermasse (Abbildung 26).

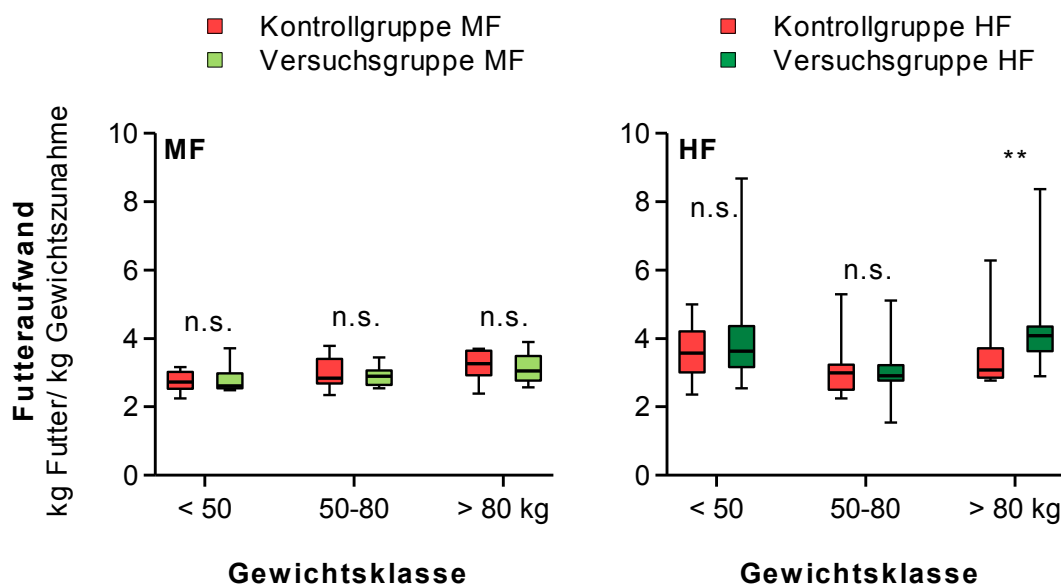


Abbildung 26: Futteraufwand der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Der Futteraufwand in kg Futter pro kg LMZ betrug im MF-Versuch im Mittel zwischen 2,7 und 3,2 kg Futter pro kg LMZ und schwankte nur geringfügig. Im Versuchsverlauf stieg er beständig an.

Im Vergleich zum MF-Versuch war der Futteraufwand im HF-Versuch etwas höher und unterlag deutlich höheren Schwankungen zwischen den Tieren. Im Mittel fanden sich hier Werte zwischen 3,0 und 4,5 kg Futter pro kg LMZ. In den ersten beiden GK war auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zu ermitteln. In der niedrigsten GK fällt besonders das hohe Maximum der Versuchsgruppe ins Auge. Der maximale Futteraufwand lag hier bei 8,7 kg Futter pro kg LMZ und war damit mehr als doppelt so hoch wie der mittlere Futteraufwand dieser Tiergruppe.

In der höchsten GK des HF-Versuchs unterschieden sich die Gruppen hoch signifikant voneinander. Die Rohfasertiere benötigten hier rund 30 % mehr Futter für die Zunahme um ein Kilogramm Lebendgewicht. Auch das Maximum ist mit dem rund Zweifachen des Medians sehr hoch.

Im HF-Versuch war der Futteraufwand in der mittleren GK deutlich geringer als in der ersten und letzten GK und zeigte damit eine andere Entwicklung als im MF-Versuch, in dem ein leichter Anstieg in jeder GK zu verzeichnen war.

Die Futtermittel der Versuchs- und Kontrollgruppe unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung darin, dass im Versuchsfutter ein Teil des Weizens durch Lignocellulose ersetzt wurde. Vergleicht man nun den Futteraufwand an reinem Mastfutter bei der Kontrollgruppe und an Futter ohne Lignocellulosezulage bei der Versuchsgruppe, sind ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen (Abbildung im Anhang 25).

Im Vergleich zum Futter mit Lignocellulose war der Aufwand der Kontrollgruppen in den drei GK im MF-Versuch um 6-7 % und im HF-Versuch um 9 % geringer. Dies entsprach genau den Anteilen an Lignocellulose in den jeweiligen Versuchsrationen.

4.3.2 Schlachtkörper

Die Bewertung der Schlachtkörper erfolgte nach Standardverfahren auf dem Schlachthof. Entsprechend des Schlachtkörpergewichts und der Schlachtkörperqualität ergab sich der Schlachtkörperpreis auf Grundlage einer definierten Preismaske. Das Gewicht der Schlachtkörper ist in Abbildung 27 dargestellt.

In beiden Versuchen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen Rohfaser- und Kontrollgruppe. Dennoch ist ein leichter Trend zu einem geringeren Gewicht bei den Rohfasertieren zu erkennen. Die Versuchstiere im MF-Versuch hatten Schlachtkörpergewichte zwischen 72 und 91 kg bei einem mittleren Gewicht von 82 kg. Die Schlachtkörpergewichte der zugehörigen Kontrolltiere waren etwas höher und lagen zwischen 77 und 94 kg, im Mittel bei 86 kg.

Im HF-Versuch waren die Schlachtkörper insgesamt etwas leichter. Die Schlachtkörpergewichte der Kontrolltiere schwankten zwischen 73 und 92 kg. Im Mittel betrugen sie 84 kg und waren somit ähnlich schwer wie beide Gruppen des MF-Versuchs.

In der Rohfasergruppe des HF-Versuchs waren ebenfalls Schlachtkörpergewichte bis zu 91 kg zu verzeichnen.

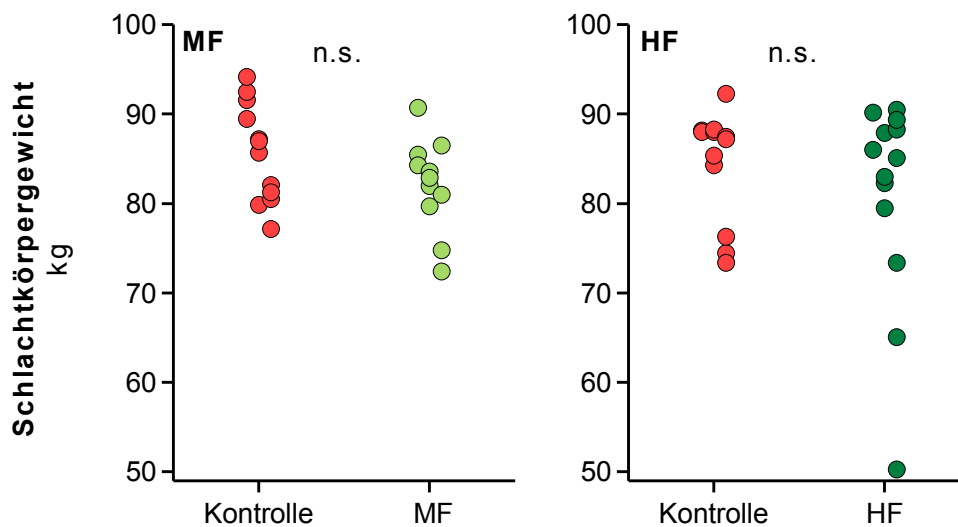


Abbildung 27: Schlachtkörpergewicht. Alle Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Einzelne Tiere der Versuchsgruppe waren jedoch deutlich leichter als die Kontrolltiere, der leichteste Schlachtkörper wog 50 kg. Es handelt sich dabei um Tiere, die am letzten Schlachttermin aus versuchstechnischen Gründen geschlachtet wurden, obwohl sie noch nicht das ideale Schlachtgewicht erreicht hatten. Dadurch kam ein Mittelwert von 80 kg zustande, der unter dem der zugehörigen Kontrollgruppe liegt. Angestrebt wird ein Schlachtkörpergewicht zwischen 86 und 100 kg.

Der Muskelfleischanteil, dargestellt in Abbildung 28, ist der zweite bedeutende Parameter für die Schlachtkörperqualität. Ein Muskelfleischanteil von 56 bis 58 % gilt derzeit als ideal. Im MF-Versuch lag er mit einem Mittelwert von 56 % bei den Versuchstieren signifikant über dem der Kontrolltiere mit einem Mittel von 53 %. Besonders die Tiere der zweiten Schlachtung wiesen einen hohen Muskelfleischanteil von 57 % auf. Fünf der elf Versuchstiere befanden sich im optimalen Bereich für den Muskelfleischanteil, jedoch nur ein Tier der Kontrollgruppe.

Der zweite Schlachttermin eine Woche nach Beendigung der Datenaufnahme erbrachte in beiden Gruppen den besten Muskelfleischanteil. Die am dritten Termin zwei Wochen nach Versuchsende geschlachteten Tiere wiesen den niedrigsten Muskelfleischanteil auf.

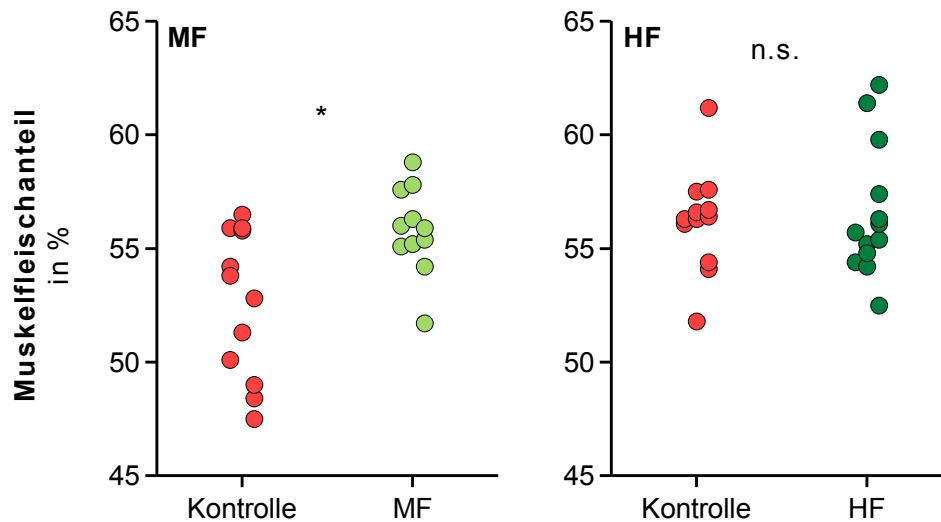


Abbildung 28: Muskelfleischanteil der Schlachtkörper. Alle Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Im HF-Versuch war der Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich des Muskelfleischanteils nicht signifikant. Er war hier bei beiden Tiergruppen höher als im MF-Versuch und lag im Mittel in der Versuchsgruppe bei 57 %, in der Kontrolle bei 56 % Muskelfleischanteil. Auffällig ist, dass ein Tier der Kontrollgruppe und drei Tiere der Versuchsgruppe einen sehr hohen Anteil von über 58 % erreichten. Dabei handelt es sich um Tiere mit sehr geringen Schlachtgewichten von unter 85 kg. Kein Tier dieses Versuchs hatte einen Muskelfleischanteil von unter 51 %. Den optimalen Anteil erreichten drei Tiere der Versuchsgruppe und acht Tiere der Kontrollgruppe.

Der zweite und dritte Schlachttermin eine bzw. zwei Wochen nach Beendigung der Datenaufnahme ergaben bessere Muskelfleischanteile als der erste Termin unmittelbar nach Ende der Datenaufnahme. Dies ist vor allem durch die sehr leichten Tiere am dritten Schlachttermin zu erklären, die ihr optimales Schlachtgewicht noch nicht erreicht hatten und sehr hohe Muskelfleischanteile aufwiesen.

Auf Grundlage des Muskelfleischanteils erfolgt die Zuweisung zu den europäischen Handelsklassen. Die Häufigkeit der Handelsklassen in den Versuchs- und Kontrollgruppen der beiden Versuche wird in Tabelle 14 aufgeführt. Analog zum Muskelfleischanteil fand sich hier ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen im MF-Versuch, jedoch nicht im HF-Versuch. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, dass im MF-Versuch drei Tiere der Kontrollgruppe der drittbesten Handelsklasse R zugewiesen wurden, welche in allen anderen Gruppen gar nicht vorkam. In beiden

Gruppen des HF-Versuchs sowie in der MF-Rohfasergruppe hatten nur wenige Schlachtkörper die zweitbeste Handelsklasse U, der Großteil jedoch die beste Handelsklasse E.

Tabelle 14: Handelsklassen. Anzahl der Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch pro Handelsklasse.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
Handelsklasse	E	4	9	10	9
	U	5	2	2	4
	R	3	-	-	-

Im Leistungsvergleich zeigten die Rohfasertiere insgesamt geringere Zunahmen als die Kontrolltiere bei gleicher Futtermittelverwertung. Der Futteraufwand ist demnach gleich hoch, die Mastdauer wäre für ein bestimmtes angestrebtes Mastendgewicht jedoch verlängert. Bei gleicher Mastdauer der Tiergruppen kam es bei den Rohfasertieren auf Grund der geringeren Zunahme zu leichteren Schlachtkörpern mit einem tendenziell höheren Muskelfleischanteil.

5 Diskussion

5.1 Beurteilung des Fressverhaltens

Zur Untersuchung des Einflusses von Rohfaser auf das Fressverhalten der Mastschweine wurden bestimmte Parameter zur Häufigkeit, Dauer, Rate und Menge der Futteraufnahme analysiert. Dabei konnte ein deutlicher Unterschied im Verhalten rohfasearm und rohfasereich gefütterter Tiere festgestellt werden.

Um das Fressverhalten bewerten zu können, wurden zunächst Mahlzeiten auf der Basis eines Mahlzeitenkriteriums (MZK) gebildet. Dies ist ein gängiges Verfahren, um einzelne Verhaltenselemente zu biologisch sinnvollen Einheiten zu gruppieren (Naguib, 2006). Für das Fressverhalten von Schweinen wurde die Methode von Bigelow & Houpt (1988) beschrieben. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Morgan et al. (2000) wurde in vorliegender Arbeit ein Modell mit dreigipfeliger Verteilung zur Ermittlung des MZK verwendet, da diese den Kurvenverlauf besser charakterisiert als eine zweigipfelige Verteilung. Bei der Beobachtung der Tiere im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten die drei verschiedenen Pausenarten zugeordnet werden. Lange Pausen trennen demnach zwei Mahlzeiten voneinander. Mittellange Pausen im Minutenbereich werden beispielsweise zur Wasseraufnahme genutzt oder entstehen, wenn ein Tier aus der Fressstation vertrieben wurde und sich den Zugang erneut erkämpfen muss. Kurze Pausen kennzeichnen Unterbrechungen der Registrierung am Futterautomaten im Sekundenbereich, die zum Beispiel durch ein kurzes Herausnehmen des Kopfes entstehen, ohne dass der eigentliche Fressvorgang dabei unterbrochen wird.

Die hier ermittelten MZK betrugen rund eine Stunde. Dabei unterschieden sich die Versuchs- und Kontrollgruppe eines Versuchs kaum voneinander. Es kam lediglich zu Abweichungen im Minutenbereich, die dazu führten, dass einige wenige Werte einer anderen Pausenart zugeordnet wurden, was im Gesamtkontext vernachlässigbar ist. Der Unterschied der MZK zwischen den beiden Versuchen betrug rund 25 Minuten. Da jedoch kein Vergleich der beiden Versuche untereinander durchgeführt wurde, ist dies für die weitere Analyse nicht relevant. Auch von Angaben aus der Literatur weichen die Ergebnisse dieser Arbeit mit einem MZK von ca. einer Stunde teilweise deutlich ab. Die verfügbaren Literaturangaben sind zudem sehr uneinheitlich. In den meisten Studien wurde ein bimodales *Log-normal* Modell verwendet. Während Bigelow & Houpt (1988)

für Mastschweine ein MZK von zehn Minuten ermittelten, fanden Hyun et al. (1997) ein MZK von 28 Minuten und Quiniou et al. (2000) eines von zwei Minuten. Morgan et al. (2000) verwendeten ein trimodales *Log-normal* Modell. Sie beschrieben MZK für Einzeltiere zwischen drei Minuten und rund einer Stunde. Die Abweichungen der MZK in unterschiedlichen Versuchen sind offensichtlich sehr groß. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Größe des MZK durch vielfältige Faktoren beeinflusst wird. Dazu zählen neben der Fütterungstechnik und dem Tier-Fressplatz-Verhältnis auch die Gruppengröße und die Sozialstruktur der Tiergruppe. Das jeweilige MZK ist demnach nicht übertragbar, sondern dient nur der Kategorisierung der jeweils gemessenen Werte. Es ist daher notwendig, für jeden durchgeführten Versuch ein eigenes MZK auf Basis der erhobenen Daten zu berechnen.

Ein zu hoch angesetztes MZK hat zudem nach Renaudeau et al. (2003) einen weitaus geringeren Effekt auf das Muster des Fressverhaltens als eine zu niedrige Schätzung. Das hohe MZK in vorliegender Arbeit wird daher nicht als kritisch betrachtet.

Nach Festlegung der MZK wurden weitere Fressparameter bestimmt. Tiere, die ein Futter mit einem erhöhten Rohfasergehalt erhielten, fraßen pro Tag im Durchschnitt in einer Mahlzeit weniger oft als konventionell gefütterte Tiere. Die Zahl der Mahlzeiten variierte bei allen Gruppen im Mittel in einem Bereich von drei bis sieben Mahlzeiten pro Tag. Dies liegt geringfügig unter den Angaben der Literatur. Van Putten (1978) beschreibt für *ad libitum*-Fütterung rund acht Mahlzeiten pro Tier und Tag, ohne für die Charakterisierung der Mahlzeiten ein Zeitkriterium zu verwenden. Hyun et al. (1997) ermittelten bei Börgen 7,4 Mahlzeiten pro Tag, Bigelow & Houpt (1988) sieben bis 14 Mahlzeiten und Quiniou et al. (2000) neun bis zwölf Mahlzeiten. In diesen Studien fanden MZK Verwendung, die auf einem zweigipfeligen Modell beruhen. Morgan et al. (2000), die ein dreigipfeliges Modell verwendeten, fanden Mahlzeitenzahlen zwischen sieben und 26 pro Tag.

Zudem sind das Tier-Fressplatz-Verhältnis und die Fütterungstechnik für die Fresshäufigkeit ausschlaggebend, sodass eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien nur bedingt gegeben ist. In Studien, die in der gleichen Anlage durchgeführt wurden wie die hier beschriebenen Versuche, wurde lediglich die Besuchshäufigkeit am Futterautomaten, jedoch nicht die Anzahl der Mahlzeiten untersucht (Börgermann, 2007). Das in vorliegender Arbeit verwendete Tier-Fressplatz-Verhältnis war mit 14:1 deutlich zu weit.

Bei *ad libitum*-Fütterung von Mastschweinen wird ein Verhältnis von 4:1 empfohlen (Averberg et al., 2012).

Die geringere Mahlzeitenzahl bei rohfaserreicher Fütterung ist mit dem erhöhten Sättigungsgefühl der Schweine zu begründen. Ein neuer Fressvorgang wird immer dann begonnen, wenn die Motivation zu fressen ausreichend groß ist (Porzig & Sambras, 1991, Armstrong et al., 1998). Die Fressmotivation ist unter anderem abhängig vom Sättigungsgrad des Tieres (Forbes, 2009) und wird durch die Struktur des Futters maßgeblich beeinflusst (Black et al., 2009). Ein hoher Rohfasergehalt senkt nach Danielsen & Vestergaard (2001) durch die verbesserte Sättigung bei Schweinen das Hungergefühl und die Motivation zu fressen.

Im Verlauf beider Versuche konnte fast durchgängig festgestellt werden, dass sich die Zahl der täglichen Mahlzeiten mit jeder Gewichtsklasse um eine Mahlzeit verringerte. Sinkende Mahlzeitenzahlen im Verlauf der Mast wurden auch von Bigelow & Houpt (1988) sowie von Quiniou et al. (2000) beschrieben. Die Autoren begründen dies damit, dass jüngere Schweine im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht eine größere Futtermenge fressen als ältere Tiere. Da der Verdauungstrakt nur ein begrenztes Volumen aufnehmen kann, sind mehr Mahlzeiten dafür nötig.

Die Anzahl der Mahlzeiten war in der höchsten Gewichtsklasse des MF-Versuchs bei den Rohfasertieren ungewöhnlich hoch. Eine eindeutige Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden. Abweichungen in weiteren Ergebnissen lassen sich jedoch durch diese Mahlzeitenzahl erklären. Werte wie die Dauer und Menge der Futteraufnahme pro Mahlzeit wurden nicht direkt gemessen, sondern berechnet, indem die Tageswerte durch die Anzahl der Mahlzeiten dividiert wurden. Eine hohe Mahlzeitenzahl führt somit zwangsläufig zu geringen Werten der Fressdauer und Futteraufnahme pro Mahlzeit.

Neben der geringeren Mahlzeitenzahl war bei den Rohfasertieren eine Tendenz zu einer längeren täglichen Futteraufnahme und einer längeren Fresszeit pro Mahlzeit zu verzeichnen. Dieser Unterschied war vor allem in der unteren Gewichtsklasse deutlich. Gleichzeitig wurde eine geringere Fressrate bei den Rohfasertieren festgestellt. Die Rohfasertiere fraßen also länger, weil sie das Futter langsamer aufnahmen. In der Literatur ist ein solcher Effekt von Rohfaser mehrfach beschrieben. Besonders bei Sauen, die eine feste Ration erhalten, kann festgestellt werden, dass sich die Fressdauer bei

einem erhöhten Rohfasergehalt deutlich verlängert (Brouns et al., 1994, Robert et al., 1997, Danielsen & Vestergaard, 2001, Holt et al., 2006).

Die ermittelten Fressraten befanden sich vorwiegend in einem Bereich zwischen 20 und 70 g/ min. Der von Hyun et al. (1997) für Börge angegebene Mittelwert der gesamten Mastdauer beläuft sich auf 24 g/ min. Dies entspricht dem unteren Bereich der hier ermittelten Wertespanne. Da die Fressrate stark von der Fütterungstechnik und der Futterbeschaffenheit abhängt, erscheint ein Vergleich der absoluten Werte hier wenig sinnvoll. Größere Aussagekraft hat die Reduzierung der Fressrate bei Rohfaserzulage. Die Reduzierung belief sich zu Mastbeginn auf 14 %. Im Verlauf der Mast verringerte sich der Unterschied der Fressrate zwischen den Gruppen zunächst, stieg aber zum Ende der Mast wieder an, wo er im MF-Versuch 3 % und im HF-Versuch sogar 19 % betrug. In der Literatur sind noch größere Reduzierungen der Fressrate durch Rohfaser zu finden. So beschrieben Meunier-Salaün et al. (2001) eine Verringerung der Fressrate um mindestens 20 %, Ramonet et al. (1999) sogar eine Abnahme um bis zu 56 %. Der dort verwendete Rohfasergehalt war mit 18,1 % der Trockensubstanz deutlich höher als in vorliegender Arbeit. Der Anteil an Rohfaser ist jedoch ausschlaggebend für die Stärke des herbeigeführten Effekts (Ramonet et al., 1999). Dies erklärt auch, warum die Fressrate im HF-Versuch stärker reduziert war als im MF-Versuch. Der Grund für die verminderte Fressrate ist vermutlich, dass die Schweine rohfaserreiches Futter wegen seiner Struktur länger kauen und einspeicheln (Ramonet et al., 1999, Meunier-Salaün et al., 2001). Weniger wahrscheinlich ist, dass sich die Fressrate auf Grund einer niedrigen Fressmotivation verringert (Martin & Edwards, 1994). Im Verlauf der Versuche stieg die Fressrate bei allen Gruppen deutlich an. Das entspricht den Beobachtungen von Bigelow & Houpt (1988), die ebenfalls einen Anstieg der Fressrate mit wachsender Körpergröße beobachteten.

Die Rohfasertiere fraßen pro Mahlzeit deutlich länger als die Kontrolltiere. Analog zum Unterschied in der Fressrate ist dies besonders in der ersten und letzten GK zu erkennen. Gleichzeitig fraßen die Versuchstiere in weniger Mahlzeiten täglich. Diese Differenz war jedoch nicht so groß, dass die verlängerte Mahlzeitendauer ausgeglichen wurde. Die tägliche Fressdauer ist daher bei den Rohfasertieren ebenfalls länger.

Jedes Schwein verbrachte während der gesamten Mast täglich im Mittel etwas mehr als eine Stunde mit der Futteraufnahme. Dies deckt sich in etwa mit Angaben von Hyun et al.

(1997). Börgermann (2007) beobachtete bei Versuchen in derselben Versuchsanlage etwas höhere tägliche Fressdauern von 94 Minuten.

Die im Mastverlauf steigenden Ansprüche an die aufgenommene Futter- und Energiemenge wurden durch die steigende Fressrate gedeckt. Die tägliche Fressdauer änderte sich daher im Mastverlauf nicht. Im MF-Versuch blieb auch die Fressdauer pro Mahlzeit über den gesamten Versuch hinweg konstant. Durch die immer größer werdende Fressrate konnte pro Mahlzeit immer mehr Futter aufgenommen werden, ohne die Mahlzeitendauer zu verlängern. Im HF-Versuch stieg die aufgenommene Futtermenge pro Mahlzeit im Versuchsverlauf ebenfalls an. Da sich die Fressrate hier jedoch nicht so deutlich vergrößerte wie im vorhergehenden Versuch, wurden auch die Mahlzeiten geringfügig länger. Die gesamte tägliche Fressdauer änderte sich jedoch nicht, da die Mahlzeitenzahl absank. Diese Ergebnisse gelten gleichermaßen für die Versuchs- und die Kontrollgruppen der beiden Versuche.

Da die Rohfasertiere länger, jedoch auch langsamer fraßen als die Kontrolltiere, stellt sich die Frage, ob sich die aufgenommene Futtermenge zwischen den Gruppen unterscheidet. Die Futteraufnahme pro Mahlzeit war durch die Rohfasergabe nicht beeinflusst. Offensichtlich nahmen die Schweine also unabhängig vom Rohfasergehalt des Futters innerhalb einer Mahlzeit ein bestimmtes Futtervolumen auf. Dieses Ergebnis widerspricht der Hypothese von Cummings & Overduin (2007). Sie vermuteten, dass rohfaserreiches Futter wegen der verbesserten Sättigung der Schweine dazu führt, dass eine Mahlzeit früher beendet wird und somit weniger Futter innerhalb der Mahlzeit aufgenommen wird.

Die Futteraufnahme pro Tag unterscheidet sich zwischen Rohfaser- und Kontrolltieren. Da die Rohfasertiere weniger Mahlzeiten pro Tag aufnahmen, die Mahlzeiten aber gleich groß waren, fraßen sie insgesamt weniger Futter. Lediglich in der höchsten Gewichtsklasse kam es zu einer Annäherung der Gruppen.

Durch das wachsende Magenvolumen der Schweine mit steigendem Körpergewicht können ältere Tiere deutlich mehr Futter aufnehmen als jüngere (Bigelow & Houpt, 1988). Dies spiegelt sich in den vorliegenden Ergebnissen der aufgenommenen Futtermenge wider.

Im Zusammenhang mit der ansteigenden Futteraufnahme steht auch die steigende Energie- und Rohfaseraufnahme im Versuchsverlauf. Der Unterschied in der Energieaufnahme der Tiergruppen war durch das unterschiedliche Futter vorhersehbar.

Da die Rohfasertiere vor allem zu Beginn der Mast weniger Futter aufnahmen als die Kontrolltiere und zudem energieärmeres Futter erhielten, ist der Unterschied zwischen den Gruppen in der Energieaufnahme noch deutlicher, als es durch die Futterzusammensetzung zu erwarten war. Je größer die Tiere wurden, desto geringer wurde der Unterschied zwischen den Gruppen, da auch der Unterschied in der aufgenommenen Futtermenge im Versuchsverlauf abnahm. Die Rohfasertiere glichen den niedrigeren Energiegehalt des Futters also mit zunehmendem Alter immer besser aus. Möglicherweise ist das mit dem größeren Magenvolumen älterer Tiere zu erklären, das größere Schwankungen in der Futteraufnahme zulässt und somit einen besseren Ausgleich ermöglicht.

Die aufgenommene Rohfasermenge spiegelt klar den Rohfaseranteil der jeweiligen Futtermittel wider. Die Rohfasertiere nahmen zwar weniger Futter auf als die Kontrolltiere, jedoch war der Unterschied nicht groß genug, um den höheren Rohfaseranteil des Versuchsfutters zu kompensieren. Daher war die aufgenommene Rohfasermenge der Versuchstiere signifikant höher als die der Kontrolltiere. Im MF-Versuch enthielt das Versuchsfutter 41 % mehr Rohfaser als das Kontrollfutter. Der Unterschied in der Rohfaseraufnahme der Gruppen betrug zwischen 31 und 40 %. Im HF-Versuch enthielt das Versuchsfutter 62 % mehr Rohfaser und die Versuchstiere nahmen zwischen 42 und 69 % mehr Rohfaser auf. Eine leichte Kompensation des erhöhten Rohfasergehalts durch geringere Futtermengen ist also erfolgt.

Dabei ist festzuhalten, dass nicht die Futteraufnahme die Aufnahme von Rohfaser beeinflusste, sondern vielmehr die aufgenommene Futtermenge durch die Rohfaseraufnahme reguliert wurde. Der Grund hierfür liegt im hohen Sättigungsvermögen von rohfaserreichem Futter (Danielsen & Vestergaard, 2001).

Das Fressverhalten der untersuchten Mastschweine zeigt deutlich, dass bei einem erhöhten Rohfasergehalt des Futters eine verbesserte Sättigung auftritt. Diese führt neben dem hohen Strukturgehalt des Futters dazu, dass die Schweine langsamer fressen. Die Motivation zur Futteraufnahme wird geringer, das Schwein frisst seltener und es nimmt weniger Futter auf, was sich wiederum negativ auf das Wachstum des Tieres auswirkt.

Die verringerte Fressmotivation bei rohfaserreich gefütterten Tieren konnte unter anderem von Robert et al. (1997) in Motivationstests mit operanter Konditionierung an Sauen festgestellt werden. Das Sättigungsgefühl der Tiere wurde dabei nicht nur durch

die Struktur des ballaststoffreichen Futters erhöht. Ein hoher Rohfasergehalt führte auch zu einer kontinuierlicheren Nährstoffabsorption sowie zu einer größeren mikrobiellen Fermentation im Magen, was die Sättigung auf metabolischer Ebene verbesserte (Meunier-Salaün et al., 2001).

Neben der erhöhten Sättigung gilt auch die verlängerte Fressdauer bei rohfaserreichem Futter als Grund für die niedrigere Fressmotivation (Robert et al., 2002). Die Parameter Futterstruktur, Fressdauer und Sättigungsgefühl stehen also in unmittelbarer Wechselwirkung zueinander und beeinflussen gemeinsam die Fressmotivation (Abbildung 29).

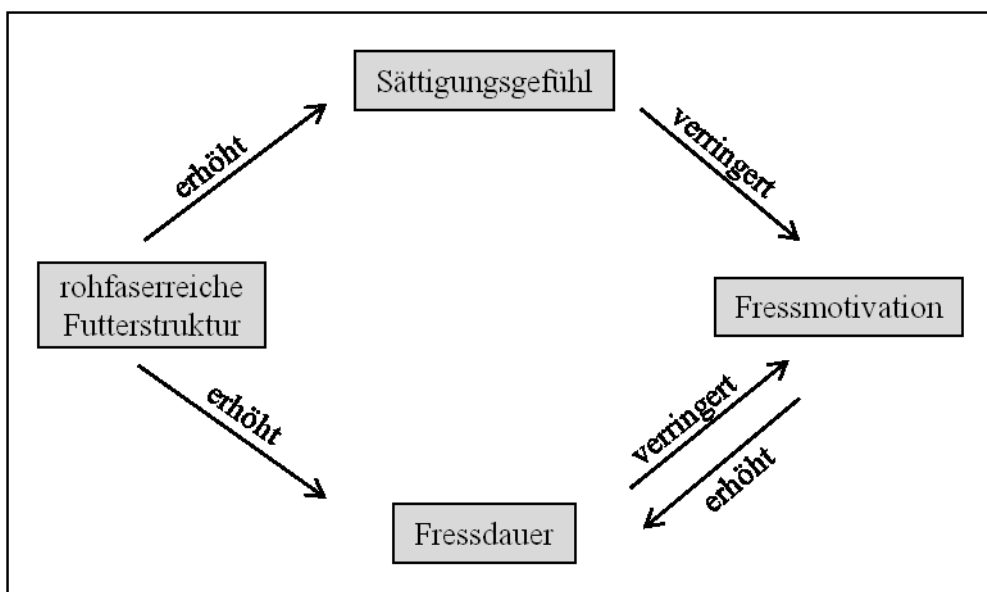


Abbildung 29: Zusammenhang zwischen der Futterstruktur und der Fressmotivation

Eine verbesserte Sättigung führt nach allgemeiner Erkenntnis zu einer Verbesserung des Tierwohls, da mangelnde Sättigung mit der negativen Empfindung von Hunger gleichzusetzen ist und zudem das Auftreten von oralem Verhalten und daraus resultierenden Verhaltensstörungen bei Schweinen fördert (Danielsen & Vestergaard, 2001, Meunier-Salaün et al., 2001). Daher kann durch eine rohfaserreiche Fütterung das Tierwohl von Mastschweinen verbessert werden.

5.2 Beurteilung des Ruhe- und Erkundungsverhaltens

Der verfügbaren Literatur ist zu entnehmen, dass durch das Füttern einer rohfaserreichen Ration die Aktivität von Schweinen herabgesetzt wird, was als förderlich für das Tierwohl gilt (u. a. Lee & Close, 1987, Brouns et al., 1994, Whitaker et al., 1999, Bergeron et al., 2000). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte dieser Effekt bei Mastschweinen nicht uneingeschränkt bestätigt werden. Zur Erfassung des Aktivitäts- und Ruheverhaltens der Tiere kamen verschiedene Methoden zum Einsatz.

In allen Beobachtungszeiträumen verbrachten die 16 beobachteten Fokustiere 10 bis 28 % der Zeit zwischen 6 Uhr und 18 Uhr mit aktivem Verhalten im Außenbereich. Dies entspricht einer Zeit von ca. einer bis dreieinhalb Stunden. Diese Zeit beinhaltete die Futter- und Wasseraufnahme, Komfort- und Sozialverhalten sowie das Erkunden des Geheges und alle damit verbundenen Verhaltensweisen. In der Literatur werden tägliche Ruhezeiten von 16 bis 22 Stunden angegeben, was einer aktiven Zeit von zwei bis acht Stunden pro 24-Stunden-Tag entspricht (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Ein Unterschied zwischen den Versuchen in Bezug auf die Aktivitätsdauer konnte ebenso wenig festgestellt werden wie ein Einfluss des Futters. Einzelne Tiere verhielten sich jedoch deutlich passiver oder aktiver als das Gruppenmittel, ohne dass daraus eine allgemeine Tendenz abzulesen war.

Die Tiergruppen unterschieden sich aber in Bezug auf die Wahl ihres Ruheortes. Neben der Ruhe im Außenbereich bestand für die Schweine die Möglichkeit, eine beheizte Ruhehütte aufzusuchen. Diese wurde abhängig von der Außentemperatur unterschiedlich stark angenommen. Während im MF-Versuch, der zwischen März und Juni stattfand, mit zunehmender Außentemperatur vermehrt außen geruht wurde, zeigte sich im HF-Versuch von September bis Dezember ein gegenläufiges Bild, und die Ruhe wurde zunehmend in die beheizte Hütte verlagert. Dieses Verhalten war sowohl bei der Rohfasergruppe als auch bei der Kontrollgruppe zu beobachten. Auffällig ist jedoch, dass die Verschiebung des präferierten Ruheortes bei den Rohfasertieren weniger stark ausgeprägt war als bei den Kontrolltieren.

Während die Kontrolltiere im MF-Versuch beim Einsetzen von milderem Außentemperaturen deutlich den Außenbereich zur Ruhe bevorzugten, blieben die Rohfasertiere weiterhin auch im Innenraum. Noch deutlicher war der Unterschied im HF-Versuch. Hier zeigten die Kontrolltiere bei kalten Temperaturen von unter fünf Grad fast

ausschließlich Ruhe im Innenbereich, die Rohfasertiere ruhten dagegen nach wie vor auch außen. Es scheint, als ob die Rohfasertiere unempfindlicher gegenüber der Umgebungstemperatur waren und ihren gewohnten Ruheort auch bei Temperaturänderungen beibehielten. Rohfaserreiche Fütterung beeinflusst die Thermoregulation von Schweinen, da bei der Fermentation von Rohfaser Wärme im Körper entsteht. Der thermische Effekt des Futters steigt mit dem Rohfaseranteil an (Jorgensen et al., 1996, Noblet & Le Goff, 2001). Auch niedrige Temperaturen werden daher gut toleriert, wenn die Ration ausreichend Rohfaser enthält. Bei hohen Temperaturen ist ein hoher Rohfasergehalt dagegen eher ungünstig für die Thermoregulation (Noblet & Le Goff, 2001). Es kann daher nicht erklärt werden, warum die hier untersuchten rohfaserreich gefütterten Schweine bei steigenden Temperaturen im Gegensatz zu den Kontrolltieren weiterhin bevorzugt in der Hütte ruhten.

Die Aktivität der Tiere wurde nicht nur über Videobeobachtung erfasst, sondern konnte auch über die sensorbasierte Tiererkennung nachvollzogen werden. Bei der videobasierten Verhaltensanalyse wurde die in der Ruhehütte verbrachte Zeit komplett als Ruhezeit bewertet. Direktbeobachtungen zeigten jedoch, dass die Tiere in der Hütte zwar vorwiegend ruhten, jedoch auch hin und wieder Erkundungsverhalten ausführten. Dieser Effekt wurde bereits von Rus (2010) beschrieben. Zur Trennung von kurzen, der Erkundung dienenden Besuchen von langen Ruhebesuchen berechnete sie ein Zeitkriterium. Diese Methode wurde auch in vorliegender Arbeit angewendet. Analog zum MZK kam ein gepooltes Kriterium für jede Tiergruppe zum Einsatz. Rus (2010) wies bereits nach, dass die Genauigkeit bei der Berechnung von Kriterien für Einzeltiere nur unwesentlich größer ist als bei der Verwendung gepoolter Kriterien. Auch in vorliegender Arbeit entsprachen die Messwerte bei der Verwendung des *Log-normal* Modells einer bimodalen Verteilung. Der Schnittpunkt der beiden normalverteilten Kurven wurde als Ruhekriterium angenommen. Dies lag bei den vier Tiergruppen zwischen 17 und 38 min. Rus (2010) fand bei einem ähnlichen Versuchsaufbau ein vergleichbares Ruhekriterium von 36 min.

Nach Trennung der einzelnen Hüttenbesuche in Erkundungs- und Ruhebesuche ergab sich ein recht heterogenes Bild. In fast jeder Tiergruppe und Gewichtsklasse gab es Tiere, die die Hütte an einzelnen Tagen ausschließlich zur Ruhe oder ausschließlich zur Erkundung aufsuchten. Der Anteil der Erkundungsbesuche an der Gesamtbesuchszeit in der Hütte unterlag demnach einer sehr großen Streuung. Obwohl teilweise signifikante

Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden konnten, lässt sich kein eindeutiger Einfluss des Futters erkennen. Die Erkundung war mal bei der Versuchsgruppe, mal bei der Kontrollgruppe ausgeprägter. Der Einzeltiereffekt ist hier offensichtlich so groß, dass ein möglicher Effekt des Futters überlagert wird.

Vergleicht man die Versuche miteinander, ist der Erkundungsanteil im HF-Versuch um ein Vielfaches höher als im MF-Versuch. Dies lässt sich möglicherweise auf die Außentemperatur zurückführen, die im HF-Versuch deutlich niedriger war, und weitere Wetterfaktoren wie Regen und Wind. Vermutlich wurde ein Teil der Erkundung auf Grund des herbstlichen Wetters in den Innenbereich verlagert, während im MF-Versuch die Erkundung vermehrt im Außenbereich stattfand. Durch das insgesamt höhere Niveau der Erkundung in der Hütte im HF-Versuch ist auch ein deutlicher Abfall im Versuchsverlauf zu erkennen. Dies entspricht den Angaben der Literatur. Ältere Tiere erkunden insgesamt weniger als jüngere Tiere und werden im Verlauf der Mast zunehmend schwerfälliger (Krötzel et al., 1994; Day et al., 2008).

Die Erkundungsintensität im Außenbereich wurde von der Erkennungshäufigkeit an den Erkennungsstellen abgeleitet. Dem zu Grunde liegt die Annahme, dass ein Schwein bei der Exploration des Geheges auch die Durchgangstore erkundet und dabei registriert wird. Bei der Betrachtung des gesamten Versuchszeitraumes konnte im MF-Versuch kein Unterschied in der Erkundungsintensität der Gruppen festgestellt werden. Im HF-Versuch erkundeten die Rohfasertiere dagegen signifikant weniger als die Kontrolltiere. Nach der Unterteilung in die verschiedenen Gewichtsklassen konnte dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigt werden. Während im MF-Versuch die Rohfaserschweine zunächst weniger, am Ende der Mast jedoch mehr erkundeten als die Kontrolltiere, war der Verlauf im HF-Versuch gegenteilig. Die Rohfasertiere erkundeten hier zu Beginn der Mast mehr als die Kontrolltiere und zum Versuchsende weniger. Dies lässt sich durch die unterschiedliche Entwicklung des Erkundungsverhaltens im Versuchsverlauf erklären. Die Erkundungsintensität der Rohfasertiere blieb in beiden Versuchen relativ konstant. Die der Kontrolltiere sank im MF-Versuch stetig ab, im HF-Versuch dagegen stieg sie an. Das Absinken der Erkundungsintensität im MF-Versuch könnte mit der steigenden Außentemperatur in Zusammenhang stehen. Hohe Temperaturen können für Schweine eine starke Belastung darstellen (Wechsler, 1997). Daher verbringen Schweine bei steigenden Temperaturen mehr Zeit mit Ruhen (Graves, 1984). Die Ergebnisse der Videoanalyse geben allerdings keine Hinweise darauf, dass die Schweine im hier

beschriebenen Versuch bei steigender Temperatur weniger aktiv waren und daher weniger erkundeten. Die steigende Erkundungsintensität der Kontrolltiere im HF-Versuch steht im Widerspruch dazu, dass das Erkundungsbedürfnis bei wachsenden Schweinen immer mehr nachlässt (von Zerboni & Grauvogl, 1984).

Die unterschiedlichen Erkundungsintensitäten der Tiergruppen kommen vermutlich durch eine hohe Tierindividualität im Erkundungsverhalten zu Stande. Diese ist möglicherweise größer als der gegebenenfalls vorhandene Einfluss des Futters und überlagert ihn. Auch bei gleicher Erkundungsintensität zweier Tiere könnten diese unterschiedlich oft erkannt werden, wenn sie verschiedene Erkundungsstrategien ausführen. Dies würde das Ergebnis zusätzlich beeinflussen. Da nur wenige Erkennungsstellen im Gehege zur Verfügung standen, ist diese Methode zur Messung der Erkundungsintensität im vorliegenden Fall demnach nur bedingt geeignet.

Im Zusammenhang mit explorativem Verhalten tritt bei Schweinen regelmäßig orales Verhalten wie das Bekauen von Artgenossen auf. In den hier beschriebenen Versuchen zeigten die Tiere das Bekauen von anderen Schweinen vor allem in einem nicht aggressiven Kontext. Beobachtungen zeigten, dass die Schweine im beschriebenen Versuch bei der Erkundung des Geheges alle verfügbaren Oberflächen mit dem Rüssel betasteten und gegebenenfalls bekauten. Dieses Verhalten entspricht den Angaben der Literatur, die vor allem das Betasten und Bekauen als charakteristisches Verhalten von Schweinen herausstellen (van Putten, 1978, Graves, 1984, Day et al., 1996). Die Erkundung des Geheges schloss die Körper der Artgenossen ein. Zudem bekauten sich ruhende Tiere oft gegenseitig. Dabei wurde im Liegen beispielsweise das Ohr eines daneben liegenden Schweins bekaut. Das Bekauen gilt als Ausdruck eines unbefriedigten Fress- und Erkundungsbedürfnisses. Es wird vor allem durch mangelhafte Sättigung ausgelöst (Brouns et al., 1994, Bergeron & Gonyou, 1997). Das Fressverhalten der hier untersuchten Tiere lässt darauf schließen, dass das rohfaserreichere Futter die Sättigung der Tiere verbesserte. Daher war zu erwarten, dass die rohfaserreich gefütterten Schweine weniger Bekauen zeigten als die Kontrolltiere.

Innerhalb der beobachteten Zeit führten die Fokustiere das Verhalten „Bekauen“ während weniger als 1% der Zeit aus. Dies entspricht einer Dauer von unter fünf Minuten während einer zwölfstündigen Beobachtung. Ein Unterschied zwischen den Tiergruppen bestand nicht. Lediglich ein Kontrolltier im MF-Versuch zeigte das Bekauen deutlich länger als die anderen Tiere. Zu keiner Zeit konnten an den Tieren Verletzungen festgestellt werden,

die auf ein starkes gegenseitigen Bekauen schließen lassen. In konventionellen Haltungssystemen sind derlei Verletzungen vor allem an den Ohren und Schwänzen regelmäßig festzustellen (Sambraus, 1992, Bartussek, 2001). Es ist daher zu vermuten, dass sich Schweine unter Praxisbedingungen weitaus mehr bekauen, als dies im vorliegenden Versuch der Fall war. Möglicherweise trat das Bekauen also insgesamt zu selten auf, um einen Effekt des Futters erkennen zu lassen. Für die Untersuchung des Einflusses von Rohfaser auf das gegenseitige Bekauen von Mastschweinen sollten daher Bedingungen geschaffen werden, die denen der Praxis ähneln oder einen vergleichbaren Stresslevel bei den Tieren auslösen.

Neben dem oben beschriebenen nicht aggressiven Bekauen von Artgenossen zeigten die Tiere intensives Bekauen sowie aggressives Beißen und Bedrängen gegenüber Artgenossen, die am Futterautomaten fraßen. Aufgrund des Tier-Fressplatz-Verhältnisses von bis zu 14:1 kam es immer wieder zu erheblichen Konkurrenzsituationen an der Futterstelle. Dabei wurde das fressende Schwein von einem oder mehreren Artgenossen bedrängt und teilweise vom Futterautomaten vertrieben. Die Rang- und Sozialstruktur der Gruppe und der Sättigungsgrad des fressenden Schweins haben einen Einfluss darauf, ob das fressende Schwein den Fressplatz verlässt (Schermerhorn et al., 1997, Armstrong et al., 1998). Dies wurde in vorliegender Studie jedoch nicht näher untersucht. Die bedrängenden Tiere zeigten eine graduelle Intensität des Verhaltens von nicht aggressiv abwartend bis sehr aggressiv beißend. Weitere Abstufungen bildeten das Aufreiten auf den Artgenossen sowie Abdrängen mit der Schulter.

Die beobachteten Fokustiere der Rohfasergruppen zeigten das Bedrängen am Futterautomaten mit bis zu 17 Minuten pro 12-Stunden-Tag ungefähr doppelt so lange wie die Kontrolltiere. Im HF-Versuch war der Unterschied noch ausgeprägter. Der Grund für das erhöhte Verdrängungsverhalten liegt vermutlich in der längeren Fressdauer der Rohfasertiere im Vergleich zu den Kontrolltieren. Der Fressplatz war daher bei den Rohfasertieren länger belegt als bei den Kontrolltieren und es kam zu längeren Wartezeiten für die anderen Schweine. Während dieser Wartezeiten wurde das jeweils fressende Tier bedrängt. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis war mit bis zu 14:1 recht weit gewählt. Nach Bremermann (2003) ist bereits ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 10:1 kritisch. Die weitere Verschärfung der Konkurrenzsituation spiegelte sich daher deutlich im Tierverhalten wider.

Zwischen den Tieren kam es auch außerhalb des Fresskontextes immer wieder zu kämpferischen Auseinandersetzungen, bei denen sich die beteiligten Schweine gegenseitig bisßen, abdrängten oder jagten. Dabei wurde bei der Datenerhebung nicht unterschieden, ob diese agonistischen Verhaltensweisen in einem aggressiven Kontext oder möglicherweise als Spiel auftraten. Da die einzelnen Auseinandersetzungen meist nur wenige Sekunden andauerten, wurde in der Summe nur ein geringer Anteil an Kampfverhalten festgestellt. Die Kontrolltiere kämpften innerhalb der beobachteten Zeit insgesamt jeweils rund doppelt so lange wie die Versuchstiere. Aufgrund der geringen Gesamtdauer des Verhaltens ist dieses Ergebnis nur von geringer Aussagekraft. Dennoch gibt es einen Hinweis darauf, dass hier ein Einfluss des Futters auf das Verhalten der Tiere vorlag und die Versuchstiere durch das rohfaserreiche Futter ein geringeres Aggressionspotential hatten als die Kontrolltiere.

Hunger spielt beim Auftreten agonistischer Verhaltensweisen eine wichtige Rolle. Während hungrige Schweine ein erhöhtes Aggressionspotential haben (Kelley et al., 1980, Baxter, 1983), kommt es beim Fehlen von Nahrungskonkurrenz auch nicht zu Auseinandersetzungen zwischen Schweinen (Graves, 1984). Da das Fressverhalten der untersuchten Schweine auf eine erhöhte Sättigung bei Rohfasergabe schließen lässt, kann hier von einem reduzierenden Effekt auf das aggressive Verhalten der Tiere ausgegangen werden.

Um das Erkundungsbedürfnis der Schweine genauer zu erfassen, wurde im HF-Versuch die Nutzungsintensität eines für die Tiere neuartigen Pendelspielzeugs gemessen. Beide Tiergruppen zeigten ein unmittelbares Interesse an dem Pendel und bewegten es regelmäßig. Die Nutzungsintensität der Rohfasergruppe war dabei deutlich geringer als die der Kontrollgruppe. Dies lässt auf ein herabgesetztes Aktivitäts- und Erkundungsverhalten der Rohfasertiere schließen. Bei der Erkundung des Geheges sind für Schweine vor allem bewegliche Gegenstände wie das Pendelspielzeug von Interesse (Scott et al., 2007, Studnitz et al., 2007). Die Rohfasergruppe bewegte das Pendel nur etwa halb so oft wie die Kontrollgruppe, was als Zeichen eines reduzierten Erkundungsbedürfnisses interpretiert werden kann. Dies ist auf die erhöhte Sättigung der Tiere durch das rohfaserreiche Futter zurückzuführen (Brouns et al., 1994, Ramonet et al., 1999, Meunier-Salaün et al., 2001).

Die Nutzungsintensität des Pendels durch die Rohfasergruppe oszillierte während der Versuchsperiode auf einem relativ konstanten Niveau. Die Nutzung durch die

Kontrollgruppe war zunächst deutlich höher und sank mit der Zeit ungefähr auf das Niveau der Rohfasergruppe ab. Das Absinken der Nutzung ist darauf zurückzuführen, dass die Tiere das Interesse an neuen Gegenständen mit der Zeit verlieren (Scott et al., 2006). Auffällig ist, dass die Nutzung durch die Rohfasertiere mit der Zeit nicht weniger wurde. Möglicherweise spiegelt die gleichbleibende Pendelnutzung durch die Versuchsgruppe eine minimale Nutzungsintensität wider, die unabhängig von anderen Faktoren mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeführt wird. Eine bestimmte Anzahl an Pendelbewegungen kommt durch die Bewegung der Tiere im Gehege zustande. Bei der Durchquerung des Geheges wurde das Pendel teilweise berührt und dadurch bewegt. Zudem führt jedes Schwein eine regelmäßige Erkundung des Geheges aus, bei der auch das Pendelspielzeug betastet und bewegt wird. Betrachtet man dies als Grundniveau der Nutzung, ergibt sich folgendes Bild: Die Tiere der Rohfasergruppe bewegten das Pendel im Rahmen der Grundintensität. Diese veränderte sich im analysierten Zeitraum nur unwesentlich. Die Tiere der Kontrollgruppe bewegten das Pendel wegen ihres intensiven Erkundungsverhaltens zunächst deutlich häufiger. Im Laufe der mehrtägigen Bereitstellungszeiträume sank das Interesse an dem Gegenstand und die Nutzungsintensität sank auf das Niveau der Grundintensität ab.

Für die stark erhöhte Nutzung des Pendels an einem der Versuchstage konnte keine eindeutige Ursache ausgemacht werden. Möglicherweise wurden die Tiere durch äußere Einflüsse so stark in ihrem Aktivitätsverhalten beeinflusst, dass sie das Pendel durch übermäßiges Laufen im Gehege gehäuft bewegten. Auch die exzessive Erkundung des Pendels durch ein einzelnes Tier kann nicht ausgeschlossen werden. Die Messtechnik erlaubte lediglich die Aufnahme der gesamten Nutzungsintensität, jedoch nicht die der individuellen Nutzung. Eine solche Messung würde die detailliertere statistische Analyse der Spielzeugnutzung durch jedes Einzeltier ermöglichen.

Die verschiedenen methodischen Ansätze zur Analyse des Aktivitäts- und Erkundungsverhaltens der Mastschweine in Bezug auf den Einfluss des Rohfasergehalts des Futters brachten keine einheitlichen Ergebnisse. Während einige Ansätze einen klaren Trend zu reduzierter Aktivität und Erkundung bei rohfaserreicher Fütterung erkennen ließen, konnte in anderen Teiluntersuchungen kein Einfluss des Futters ausgemacht werden. Dies ist auf die Versuchsbedingungen zurückzuführen.

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Versuchsanstellung in einer Versuchstation gewählt, die die Voraussetzungen für eine detaillierte und kontinuierliche Datenerhebung

bot. Das Haltungssystem, eine Außenhaltung mit Ruhehütte, entspricht nicht den gängigen Haltungsverfahren und ist nur bedingt auf praxisübliche Haltungsbedingungen übertragbar. Neben dem Außenklima, dem die Tiere ausgesetzt waren, spielt vor allem die große Zahl an unterschiedlichsten Außenreizen eine wesentliche Rolle. Die Versuche fanden von März bis Juni und September bis Dezember statt. In dieser Zeit änderte sich das Außenklima von kühl nach sommerlich heiß und von herbstlich mild nach winterlich kalt. Dies kann das Verhalten der Tiere insbesondere in Bezug auf das Ruhen und die Futteraufnahme erheblich beeinflussen (Quiniou et al., 2000, Renaudeau et al., 2003). Verhaltensveränderungen im Versuchsverlauf könnten darauf zurückzuführen sein.

Die externen Reize in Außenhaltung umfassen neben klimatischen Reizen wie Sonneneinstrahlung und Wind auch Geräusche und Bewegungen aus der Umgebung und Dinge wie Laub und Zweige sowie Wildtiere. Die reizarme Haltungsumwelt in konventionellen Ställen wird unter anderem durch das Fehlen dieser Reize charakterisiert (Hörning, 1999). Zudem stand den Tieren deutlich mehr Platz zur Verfügung als in der konventionellen Haltung, da die gesetzlich vorgeschriebene Fläche mit dem Innenbereich abgegolten und der Außenbereich als zusätzliche Fläche zugänglich war.

Unter den gegebenen Bedingungen konnten keine Verhaltensauffälligkeiten oder -störungen bei den Schweinen beobachtet werden, was eine Analyse der Reduzierung solcher Störungen unmöglich machte. Üblicherweise treten bei der Haltung von Mastschweinen in konventioneller Haltung gehäuft Stereotypen und das Bekauen von Artgenossen auf (Bartussek, 2001). Im Rahmen der durchgeführten Versuche konnte zwar gelegentliches Bekauen der Tiere untereinander beobachtet werden, allerdings in solch geringem Maße, dass dadurch keine sichtbaren Schäden an den Schweinen entstanden.

Zudem war die Stichprobe relativ klein. In vergleichbaren Versuchen, in denen das Verhalten von Schweinen untersucht wurde, kamen zum Teil sehr große Tierzahlen von deutlich über hundert bis zu über tausend Tieren zum Einsatz (Fraser et al., 1991, Morrison et al., 2003, Holt et al., 2006, Scott et al., 2006, 2007). In anderen Studien waren die verwendeten Tierzahlen ähnlich groß wie in vorliegender Arbeit (Ramonet et al., 1999, Bergeron et al., 2000). Begrenzende Faktoren für die Gruppengröße waren zum einen das Platzangebot im Innenraum, das der gesetzlich vorgeschriebenen Fläche von 1 m² pro Tier in der Endmast über 110 kg entspricht (TierSchNutzV, 2006). Zudem stand

nur ein Futterautomat pro Gruppe zur Verfügung, was ein sehr weites Tier-Fressplatz-Verhältnis zur Folge hatte.

Aus ethologischer Sicht ist die Gruppengröße als gut zu bewerten, da Wildschweine ebenfalls Gruppen von maximal 20 Tieren bilden (von Zerboni & Grauvogl, 1984). Es ist daher davon auszugehen, dass die Schweine bei einer Gruppengröße von 14 Tieren in der Lage waren, ein artgemäßes Sozialgefüge zu bilden und relevante Verhaltensweisen auszuführen.

In der Verhaltensforschung werden große Tierzahlen verwendet, wenn das Verhalten ganzer Gruppen analysiert wird oder die Methodik große Stichproben erlaubt. Auf kontinuierliche Beobachtungen basierende Verhaltensstudien an Einzeltieren werden jedoch nur mit kleinen Tierzahlen praktiziert (Naguib, 2006). In vorliegender Arbeit wurden für die Videoanalyse vier Fokustiere pro Gruppe ausgewählt, was einem Drittel der Gesamttierzahl entspricht. Bei einem großen Einzeltiereffekt kann der Einfluss der Prüfgröße überlagert werden, wie es in vorliegender Arbeit offensichtlich der Fall war. Eine größere Zahl an Fokustieren oder eine stichprobenartige Analyse längerer Beobachtungszeiträume an Stelle der kontinuierlichen Beobachtung hätten hier möglicherweise differenziertere Ergebnisse erbracht.

Die Hypothese, rohfaserreiches Futter verringere durch verbesserte Sättigung die Aktivität und das Erkundungsbedürfnis von wachsenden Schweinen, kann also nicht abgelehnt werden. Um sie nochmals zu prüfen, wäre ein methodischer Ansatz nötig, der vermehrt auf die Untersuchung des Erkundungsverhaltens und möglicher Verhaltensstörungen ausgerichtet ist und die Situation einer konventionellen Haltung realistisch abbildet.

5.3 Beurteilung der Leistung

Für die Analyse der Mastleistung wurden die Zunahmen der Tiere und ihre Schlachtkörper bewertet. Alle Tiergruppen zeigten während der Mastperiode von knapp 100 Tagen im Mittel ein annähernd lineares Wachstum. Dies entspricht den Erwartungen. Die Lebendmasseentwicklung von Schweinen beschreibt nach Weiler (1995) eine Kurve ähnlich einer Exponentialfunktion. Während der ersten Lebensmonate ist die Gewichtsentwicklung annähernd linear und flacht bis zu einem Alter von vier Jahren vollständig ab. Die Gewichtsunterschiede der Tiere eines Versuchs waren mit einer Standardabweichung von rund 10 % des Mittelwerts relativ hoch. Eine homogenere Tiergruppe bereits zu Beginn der Versuche hätte die Aussagekraft der Versuchsergebnisse in Bezug auf die Leistung der Tiere erheblich verbessert.

Einhergehend mit der geringeren Futter- und Energieaufnahme der rohfasergefütterten Schweine zeigten diese Tiere eine geringere Zunahme als die Kontrolltiere. Das Endgewicht der Rohfasertiere lag daher in beiden Versuchen unter dem der Kontrolltiere. Die täglichen Lebendmassezunahmen der Rohfasertiere waren in fast allen Gewichtsklassen deutlich geringer. Zudem konnten in den Rohfasergruppen auch Tiere mit zeitweise stagnierendem Wachstum oder Gewichtsverlust vermerkt werden.

Die Unterschiede in den Tageszunahmen waren vor allem zu Beginn der Mast deutlich und verringerten sich zum Versuchsende. Im MF-Versuch zeigten die Rohfasertiere zu Versuchsende sogar größere Zunahmen als die Kontrolltiere. Die wachstumshemmende Wirkung der Rohfaser trat also besonders zu Beginn der Mast hervor. Die Verdaulichkeit von Rohfaser ist bei Schweinen generell gering. Sie steigt jedoch mit wachsendem Alter und Gewicht des Tieres kontinuierlich an (Noblet & Le Goff, 2001, Johnston et al., 2003). Schweine in der Endmast sind demzufolge eher befähigt, rohfaserreiches Futter in Körpermasse umzusetzen als jüngere Tiere. Das Versuchsfutter führte daher zu Beginn der Mast zu einer stärkeren Reduzierung der Zunahmen als zu Mastende. Außerdem verringerte sich das Defizit in der aufgenommenen Energie auf Grund der Futtermenge im Verlauf der Versuche, sodass die Rohfaserschweine am Versuchsende nur noch geringfügig weniger Energie aufnahmen als die Kontrolltiere.

Die Prüftageszunahmen von 874 g und 812 g bei den Kontrollgruppen lagen deutlich über den Werten der Erzeugerringe für das Wirtschaftsjahr 2010/2011 von 757 g. Im MF-Versuch lieferten auch die Rohfasertiere im Mittel gute Prüftageszunahmen von 822 g.

Lediglich die Versuchsgruppe des HF-Versuchs, die einen hohen Rohfasergehalt erhielt, lag mit mittleren Zunahmen von 697 g pro Tag deutlich unter dem angestrebten Wert. In Versuchen, die in der gleichen Versuchsanlage durchgeführt wurden wie die der vorliegenden Arbeit, konnten Prüftagszunahmen von 817 und 731g erzielt werden (Rus, 2010). Unter den gegebenen Umständen war eine zufriedenstellende Mastleistung bei den Kontrolltiere sowie bei mittleren Rohfasergaben gewährleistet, jedoch nicht bei höheren Rohfasergaben. Zudem nahmen einzelne Tiere der HF-Gruppe besonders wenig zu. Das hatte zur Folge, dass der Unterschied zum Rest der Gruppe im Versuchsverlauf immer ausgeprägter wurde.

Die Verdaulichkeit der Ration ist umgekehrt linear zur Ligninkonzentration im Futter (Johnston et al., 2003). Daher waren die Zunahmen im Versuch mit einem hohen Lignocelluloseanteil deutlich geringer als im Versuch mit einem mittleren Lignocelluloseanteil.

In beiden Versuchen waren die Zunahmen aller Gruppen in der GK zwischen 50 und 80 kg am höchsten und in der unteren GK am geringsten. Nach Schmitten (1989) ist der Eiweißansatz bei Schweinen mit einem Lebendmassegewicht zwischen 40 bis 70 kg am größten. Kirchgeßner et al. (2008) beschreiben den höchsten Muskelansatz bei einem Gewicht zwischen 50 und 100 kg. Der Fettansatz steigt dagegen stetig an und ist daher bei Schweinen über 100 kg Körpergewicht am höchsten (Schmitten, 1989, Kirchgeßner et al., 2008). Daraus ergibt sich ein hohes Wachstum durch hohen Muskel- und mittleren Fettansatz zur Mitte der Mast, wie es die vorliegenden Ergebnisse zeigten. Zum Ende der Mast flacht das Wachstum langsam ab (Weiler, 1995).

Der Futteraufwand glich im MF-Versuch mit Werten zwischen 2,7 und 3,2 kg Futter pro kg Lebendmassezunahme den mittleren Angaben des Erzeugerrings für das Wirtschaftsjahr 2010/2011 sowie den Ergebnissen von Rus (2010). Im HF-Versuch lag er jedoch deutlich darüber. Besonders die Werte einiger Tiere mit sehr geringen Zunahmen führten hier zu hohen Schwankungen und hohen Maximalwerten.

Der Futteraufwand unterschied sich in den einzelnen GK nur geringfügig und nicht signifikant zwischen den Rohfasergruppen und den jeweiligen Kontrollgruppen. Im Mittel der gesamten Mast unterschied er sich um genau den Prozentsatz an Lignocellulose im Versuchsfutter. Die Rohfasergruppe nahm also jeweils so viel mehr Futter auf, wie Lignocellulose im Futter beigemischt war. Der Futteraufwand ohne den Anteil an Lignocellulose unterscheidet sich also zwischen den Gruppen nicht.

Die geringere Zunahme der Rohfaserschweine führte dazu, dass die Tiere dieser Gruppe am Versuchsende leichter waren als die Kontrolltiere und demzufolge auch leichtere Schlachtkörper hatten. Bei einer Reduzierung des Energiegehalts des Futters ist für das Erreichen eines bestimmten Mastendgewichts eine verlängerte Mastdauer nötig (Wagener, 1981, Sripomma, 1984). Dies war im vorliegenden Fall aus versuchstechnischen Gründen nicht möglich. Der Unterschied der Schlachtkörpergewichte zwischen den Gruppen war wegen der geringen Tierzahlen statistisch nicht signifikant. Vor allem im HF-Versuch waren einige Tiere der Rohfasergruppe besonders leicht. Möglicherweise waren diese Tiere krank oder hatten mit den geringen Außentemperaturen zum Ende des Versuchs zu kämpfen.

Einhergehend mit den geringeren Gewichten hatten die Schlachtkörper der Rohfasergruppen etwas höhere Muskelfleischanteile als die der Kontrollgruppen. Ein langsames Wachstum, wie es bei den Rohfasertieren stattfand, führt zu einer Verzögerung des Körperfettwachstums und damit zu einem erhöhten Muskelfleischanteil (Kirchgeßner et al., 2008). Dies war bei einigen besonders leichten Rohfasertieren im HF-Versuch entsprechend stark ausgeprägt. Insbesondere die Rückenspeckdicke nimmt bei einem zunehmenden Rohfaseranteil im Futter ab (Pond et al., 1962, Powley et al., 1981, Graham & Aman, 1991, Zoiopoulos, 1989).

Die Schweine wurden jeweils an drei Terminen im Abstand von etwa einer Woche geschlachtet. Von den Tieren mit regulärem Schlachtgewicht zeigten die Schweine des zweiten Schlachttermins jeweils die besten Muskelfleischanteile. Zur Schlachtung wurden jeweils die schwersten Tiere entnommen, wobei stets die gleiche Zahl an Kontroll- und Versuchstieren geschlachtet wurde. Am ersten Schlachttermin wurden daher einige Tiere entnommen, die schon sehr viel Fett angesetzt hatten. Am dritten Termin wurden alle restlichen Tiere geschlachtet, unabhängig davon, ob sie das angestrebte Schlachtgewicht schon erreicht hatten. Die Tiere der zweiten Gruppe wiesen meist optimale Schlachtgewichte auf.

In der Handelsklasse spiegelt sich der Muskelfleischanteil wieder. Im MF-Versuch wurden einige Tiere wegen ihres geringen MFA nur in die drittbeste Handelsklasse R eingeordnet, während in der Kontrollgruppe alle Tiere den ersten beiden Handelsklassen angehörten. Im HF-Versuch wurden alle Tiere den ersten beiden Handelsklassen zugeordnet.

Der HF-Versuch kann in Bezug auf die Schlachtkörperqualität nicht als repräsentativ angesehen werden. Die Tiere der Rohfasergruppe zeigten sehr heterogene Leistungen, die wegen der geringen Stichprobengröße nicht abschließend bewertet werden können. Ob diese Effekte durch den hohen Rohfaseranteil des Futters oder andere Faktoren zustande kamen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Im MF-Versuch waren die Tiergruppen deutlich homogener. Hier zeigte sich bei den rohfaserreich gefütterten Tieren ein Trend zu leichteren Schlachtkörpern mit einem höheren Muskelfleischanteil.

Für eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Mast unter Rohfasereinsatz und eine weitergehende Analyse der Leistung waren die verwendeten Tierzahlen zu gering. Da die Untersuchung des Tierverhaltens im Vordergrund stand, und die Versuchsanstellung nur eine begrenzte Tierzahl zuließ, wurde im Rahmen dieser Arbeit auf eine Analyse der Wirtschaftlichkeit verzichtet.

Dennoch zeichnete sich ab, dass durch den erhöhten MFA der Rohfasertiere die Erlöse für die Schlachtkörper trotz eines geringeren Schlachtkörpergewichts nicht niedriger waren als bei den Kontrolltieren. Für ein Erreichen des optimalen Schlachtkörpergewichts müsste die Mast der Rohfasertiere entsprechend verlängert werden. Es ist davon auszugehen, dass der Muskelfleischanteil dieser Tiere auch dann noch erhöht wäre (Kirchgeßner et al., 2008). Ein Versuch mit größeren Tierzahlen unter Praxisbedingungen wäre für die ökonomische Analyse des verwendeten Futterzusatzes wünschenswert.

6 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit konnte für Mastschweine das bestätigt werden, was in verschiedenen Studien für Sauen nachgewiesen wurde: Ein Futter mit einem hohen Rohfasergehalt sättigt die Tiere besser als ein rohfaserarmes Futter. Die damit verbundene verringerte Fressmotivation kann einen positiven Einfluss auf das Tierwohl haben.

Die verbesserte Sättigung zeigte sich in vorliegender Arbeit vor allem in einem veränderten Fressverhalten. Rohfaserreich gefütterte Mastschweine fraßen langsamer und seltener als die Kontrolltiere. Durch den verlangsamten und verlängerten Fressvorgang sind die Tiere länger an das Futter gebunden, was unabhängig von einer physischen Sättigung zu einer Verringerung der Fressmotivation beitragen kann.

Die Auswirkungen auf das sonstige Verhalten der Schweine waren weniger eindeutig. Das Ruheverhalten der Tiere wurde anhand einer Kombination verschiedener Methoden erfasst. Dabei wurde eine Verlängerung der Ruhedauer bei einer Erhöhung des Rohfaseranteils erwartet. Dies konnte im Rahmen der Dissertation jedoch nicht bestätigt werden. Auch eine verringerte Erkundung des Geheges konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Die Untersuchung zur Nutzung eines Spielzeugs ergab jedoch, dass rohfaserreich gefütterte Mastschweine das Spielzeug deutlich weniger oft bewegten, also vermutlich ein geringeres Erkundungsbedürfnis hatten als die Kontrolltiere. Eine stichprobenartige Analyse des agonistischen Verhaltens ergab, dass rohfaserreich gefütterte Mastschweine weniger aggressive Auseinandersetzungen mit Artgenossen haben, aber mehr aggressives Verhalten gegenüber Tieren zeigten, die den Futterautomaten besetzten. Durch die verlängerte Fressdauer scheint der Konkurrenzdruck um das Futter noch höher zu sein. Ein enges Tier-Fressplatz-Verhältnis wäre daher bei rohfaserreicher Fütterung besonders wichtig. Auf das aggressive Verhalten der Tiere insgesamt scheint Rohfaser jedoch einen positiven Einfluss zu haben.

Um die Auswirkungen von Rohfaser auf das Erkundungsverhalten und die damit verbundene Entstehung von Verhaltensstörungen zu untersuchen, war die verwendete Versuchsanstellung nicht optimal geeignet. Den Schweinen wurden vielfältige Außenreize geboten, die das Erkundungsverhalten anregten, und Verhaltensstörungen waren nicht zu beobachten. Eine Untersuchung der betreffenden Verhaltensweisen unter reizarmen Praxisbedingungen wäre daher wünschenswert.

Bei hohen Rohfasergaben konnte wie erwartet eine Verringerung der Mastleistung festgestellt werden. Durch den reduzierten Energiegehalt des Futters kam es zu einem verlangsamten Wachstum der Tiere, was in der Praxis zu einer verlängerten Mastdauer und damit verbundenen erhöhten Kosten führen würde. Soweit es die begrenzte Tierzahl zuließ, konnte jedoch ein Trend zu einer durch Rohfaser verbesserten Schlachtkörperqualität festgestellt werden. Dies zeigte sich in einem erhöhten Muskelfleischanteil bei den Versuchstieren. Untersuchungen mit einer größeren Tierzahl sind nötig, um diese Ergebnisse abzusichern.

Obwohl unter den gegebenen Bedingungen kein Einfluss des Futters auf die für das Tierwohl relevanten Verhaltensstörungen festgestellt werden konnte, kann dennoch davon ausgegangen werden, dass rohfaserreiches Futter das Wohlbefinden von Mastschweinen verbessert. Die aus dem veränderten Fressverhalten abzuleitende erhöhte Sättigung der Tiere ist unter Einbeziehung des natürlichen Fressverhaltens von Schweinen als positiv für das Tierwohl zu bewerten. Unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit eines solchen Futters sollte auch in der Mast eine Erhöhung des Rohfaseranteils angestrebt werden. Es gilt zu ermitteln, welche Rohfaserkonzentration die positiven Wirkungen auf Sättigung und Tierverhalten auslöst, und ab welcher Konzentration mit Leistungseinbußen zu rechnen ist, um einen Kompromiss zwischen den Bedürfnissen der Tiere und den Ansprüchen des Tierhalters zu finden.

7 Zusammenfassung

Die zunehmend kritische Betrachtung von Tierhaltungssystemen durch den Verbraucher erfordert eine wissenschaftliche Bewertung der Tiergerechtigkeit und der art eigenen Bedürfnisse von Nutztieren.

Konventionelle ballaststoffarme Schweinemastfutter entsprechen nicht den ethologischen und ernährungsphysiologischen Ansprüchen der Tiere. Verhaltensstörungen sind daher bei Schweinen verbreitet. Der gewählte Forschungsansatz geht davon aus, dass eine erhöhte Befriedigung der Fressmotivation durch rohfaserreiche Futtermittel hier Abhilfe schaffen kann. Daher wurden je 14 Börgen über eine Mastperiode mit einer lignocellulosehaltigen Ration gefüttert und mit einer konventionell gemästeten Tiergruppe verglichen.

Die Futteraufnahme der Tiere wurde am Fressplatz mit RFID-Respondern registriert. Dabei zeigte sich, dass rohfaserreich gefütterte Schweine langsamer, länger und seltener fraßen und insgesamt weniger Futter aufnahmen. Das lässt auf ein erhöhtes Sättigungsgefühl der Tiere schließen.

Das Aktivitäts- und Erkundungsverhalten wurde durch eine Kombination verschiedener Methoden gemessen. Videoanalysen belegten, dass die Tiere beider Gruppen etwa gleich lang ruhten. Die Rohfasertiere zeigten sich dabei weniger empfindlich gegenüber der Umgebungstemperatur. Die Erkundungsintensität, die mittels Respondern gemessen wurde, war ebenfalls nicht durch das Futter beeinflusst. Rohfaserreich gefütterte Schweine zeigten allerdings weniger Interesse an einem Spielzeug und weniger agonistische Auseinandersetzungen. Die Konkurrenz am Futterautomaten war wegen der längeren Fresszeit jedoch erhöht. Vermutlich war die Haltungsumwelt nicht geeignet, bestimmte Unterschiede im Verhalten der Schweine festzustellen.

Die Rohfasertiere wuchsen langsamer als die Kontrolltiere, hatten jedoch Schlachtkörper mit erhöhtem Muskelfleischanteil. Die Futterverwertung unterschied sich nicht.

Rohfaserreiches Futter verbessert offensichtlich beim Mastschwein die Sättigung und erhöht das Tierwohl.

8 Abstract

Animal welfare is of growing importance to consumers of animal products. The development of animal-friendly housing systems and the research on the animal's requirements are thus aspects of interest.

Conventional feeds for fattening pigs are usually poor in dietary fibre and do not meet the ethologic and nutritional physiologic needs of pigs. This presumably leads to misdirected behaviour and behavioural disorders, which are widespread in growing pigs. Numerous studies indicate that fibrous feed causes a higher satiation. The thesis on hand is based on the approach that a high level of crude fibre for fattening pigs leads to a reduced motivation to feed and to explore and thus provides relief to the animals.

To investigate this, groups of 14 castrated male pigs were fed with a ration containing lignocelluloses during an entire fattening period and were compared to conventionally fed pigs.

The feeding pattern of the animals was recorded using RFID responders. Pigs receiving high-fibre feed ate slower, longer and less often and consumed less feed than control pigs. This indicated an improved satiation.

Activity and explorative behaviour was measured using various methods. Video analysis showed that both groups performed the same amount of resting behaviour. When choosing a place to rest, high-fibre pigs were less sensitive to their ambient temperature. The intensity of exploration, which was RFID-recorded, was not influenced by the feed. However, high-fibre pigs showed less interest in a toy and less agonistic behaviour. The competition at the feeders was higher, probably because of the prolonged feeding time. Presumably the housing conditions were not suitable for the detection of differences in explorative behaviour between high-fibre and control groups.

High-fibre pigs fattened less than control pigs, but delivered better carcasses. The feed conversion was the same for both groups.

Fibrous feed apparently enhances satiety in growing pigs and improves animal welfare.

9 Literaturverzeichnis

- Armstrong, S., Davey, B., Toates, F., Ehatson, T. & Wirz-Justice, (1998): In: Toates, F. (Hrsg.): Control of Behaviour. Heidelberg, Springer-Verlag.
- Averberg, U., Scholz, T. & Ziron, M. (2012): Futtervorlage bei Mastschweinen. DLG-Merkblatt 360. Frankfurt am Main, DLG-Verlags-GmbH.
- Bartussek, H. (2000): Tiergerechtheitsindex für Mastschweine. TGI 35 L/ 1995 – Mastschweine. Irding, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein.
- Bartussek, H. (2001): Möglichkeiten zur geeigneten Beschäftigung von Schweinen. Gumpensteiner Bautagung: Stallbau - Stallklima - Verfahrenstechnik Irding, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. 49 - 57.
- Baxter, M. R. (1983): Feeding and aggression in pigs. Applied Animal Ethology **11:1**, 74 - 75.
- Beattie, V. E., Walker, N. & Sneddon, I. A. (1996): An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. Applied Animal Behaviour Science **48**, 151 - 158.
- Beattie, V. E., O'Connell, N. E. & Moss, B. W. (2000): Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. Livestock Production Science **65**, 71 - 79.
- Berdoy, M. (1993): Defining bouts of behaviour: a three-process model. Animal Behaviour **46**, 387 - 396.
- Bergeron, R. & Gonyou, H. W. (1997): Effects of increasing energy intake and foraging behaviours on the development of stereotypies in pregnant sows. Applied Animal Behaviour Science **53**, 259 - 270.
- Bergeron, R., Bolduc, J., Ramonet, Y., Meunier-Salaün, M. C. & Robert, S. (2000): Feeding motivation and stereotypies in pregnant sows fed increasing levels of fibre and/ or food. Applied Animal Behaviour Science **70**, 27 - 40.
- Bigelow, J. A. & Houpt, T. R. (1988): Feeding and Drinking Patterns in Young Pigs. Physiology & Behaviour **43**, 99 - 109.

- Bindelle, J., Leterme, P. & Buldgen, A. (2008): Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* **12:1**, 69 - 80.
- Black, J. L., Williams, B. A. & Gidley, M. J. (2009): Metabolic regulation of feed intake in monogastric mammals. In: Torrallardona, D. & Roura, E. (Hrsg.): Voluntary feed intake in pigs. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. 189 - 213.
- Blackshaw, J. K., Thomas, F. J. & Lee, J.-A. (1997): The effect of a fixed or free toy on the growth rate and aggressive behaviour of weaned pigs and the influence of hierarchy on initial investigation of the toys. *Applied Animal Behaviour Science* **53**, 203 - 212.
- Bogner, H. (1984): Der Standort der Nutztierethologie. In: Bogner H. & Grauvogl, A. (Hrsg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer. 15 - 26.
- Bolhuis, J. E., van den Brand, H., Bartels, A. C., Oostindjer, M., van den Borne, J. J. G. C., Kemp, B. & Gerrits, W. J. J. (2010): Effects of fermentable starch on behaviour of growing pigs in barren or enriched housing. *Applied Animal Behaviour Science* **123**, 77 - 86.
- Börgermann, B. (2007): Sensorgestützte Analyse der Präferenz und Affinität von Mastschweinen gegenüber Beschäftigungsangeboten. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin
- Boyle, L. & Stewart, C. (2007): High fibre diets for pregnant sows. Pig Farmer's Conference Proceedings. Oak Park, Garlow, Teagasc. 37 - 43.
- Bracke, M. B. M., Zonderland, J. J. & Bleumer, E. J. B. (2007): Expert judgement on enrichment materials for pigs validates preliminary RICHPIG model. *Applied Animal Behaviour Science* **104**, 1 - 13.
- Braund, J.P., Edwards, S.A., Riddoch, I. & Buckner, L. J. (1998): Modification of foraging behaviour and pasture damage by dietary manipulation in outdoor sows. *Applied Animal Behaviour Science* **56**, 173 - 186.
- Bremermann, B. (2003): Futteraufnahme wachsender Schweine - eine Literaturübersicht. Masterarbeit. Universität Göttingen

- Brooks , P. H. (2005): Effect of diet on the behaviour and welfare of pigs. In: Seddon, I. (Hrsg.): Proceedings of the 2005 Manitoba Swine Seminar: Sharing ideas and information for efficient pork production. Winnipeg, Manitoba Swine Seminar Committee. 31 - 45.
- Broom, D. M. (2003): Science, ethics and public concern about animal welfare. Proceedings of the Fourth European Colloquium on Acute Phase Proteins, Segovia, Spain. Ames, pigCHAMP and PRO EUROPA. 83 - 89.
- Broom, D. M. (2008): Welfare concepts. In: Faucitano, L. & Schaefer, A. L. (Hrsg.): Welfare of pigs from birth to slaughter. Wageningen/ Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 15 - 32.
- Brouns, F., Edwards, S. A. & English, P. R. (1994): Effect of dietary fibre and feeding system, on activity and oral behaviour of group housed gilts. Applied Animal Behaviour Science **39**, 215 - 223.
- Brummer, H. (1978): Verhaltensstörungen. In: Sambras, H. H. (Hrsg.): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey. 281 - 292.
- Catchpole, C. K. & Slater, P. J. B. (1995): Bird song: biological themes and variations Cambridge, University Press.
- Cummings, D. E. & Overduin, J. (2007): Gastrointestinal regulation of food intake. Journal of clinical investigation **117**, 13 - 23.
- Danielsen, V. & Vestergaard, E.-M. (2001): Dietary fibre for pregnant sows: effect on performance and behaviour. Animal Feed Science and Technology **90**, 71 - 80.
- Day, J. E. L., Kyriazakis, I. & Lawrence, A. B. (1995): The effect of food deprivation on the expression of foraging and exploratory behaviour in the growing pig. Applied Animal Behaviour Science **42**, 193 - 206.
- Day, J. E. L., Kyriazakis, I. & Lawrence, A. B. (1996): An investigation into the causation of chewing behaviour in growing pigs: the role of exploration and feeding motivation. Applied Animal Behaviour Science **48**, 47 - 59.

- Day, J. E. L., van de Weerd, H., A. & Edwards, S. A. (2008): The effect of varying lengths of straw bedding on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **109**, 249 - 260.
- de Haer, L. C. M. & Merks, J. W. M. (1992): Patterns of daily feed intake in growing pigs. *Animal Production* **54**, 95 - 104.
- de Leeuw, J. A. & Ekkel, E. D. (2004): Effects of feeding level and the presence of a foraging substrate on the behaviour and stress physiological response of individually housed gilts. *Applied Animal Behaviour Science* **86**, 15 - 25.
- de Leeuw, J. A., Jongbloed, A. W. & Verstegen, M. W. A. (2004): Dietary Fibre Stabilizes Blood Glucose and Insulin Levels and Reduces Physical Activity in Sows (*Sus scrofa*). *Journal of Nutrition* **134**, 1481 - 1486.
- de Leeuw, J. A., Bolhuis, J. E., Bosch, G. Gerrits, W. J. J. (2008): Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs. *Proceedings of the Nutrition Society* **67**, 334 - 342.
- Dongowski, G., Huth, M., Gebhardt, E. & Flamme, W. (2002): Dietary Fiber-Rich Barley Products Beneficially Affect the Intestinal Tract of Rats. *Journal of Nutrition* **132**, 3704 - 3714.
- Drochner, W. (1999): Fütterungsbedingte Verdauungsstörungen beim Schwein. *Kraftfutter* **1**, 16 - 21.
- Europäische Gemeinschaft (2001): Richtlinie 2001/88/EG des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*.
- Europäische Gemeinschaft (2001): Richtlinie 2001/93/EG der Kommission vom 9. November 2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*.
- Faucitano, L. & Geverink, N. A. (2008): Effects of preslaughter handling on stress response and meat quality in pigs. In: Faucitano, L. & Schaefer, A. (Hrsg.): *Welfare of pigs from birth to slaughter*. Wageningen/ Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 197 - 224.

- Forbes, J. M. (2009): Integration of pre- and post-absorptive factors in feed intake regulation and prediction with particular respect to the pig. In: Torrallardona, D. & Roura, E. (Hrsg.): Voluntary feed intake in pigs. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. 61 - 86.
- Fraser, D. (2008): The welfare of pigs: a social, ethical and scientific issue. In: Faucitano, L. & Schaefer, A. (Hrsg.): Welfare of pigs from birth to slaughter Wageningen/ Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 289 - 302.
- Fraser, D., Phillips, P. A., Thompson, B. K. & Tennessen, T. (1991): Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **30**, 307 - 318.
- Gentry, J. G., Johnson, A. K. & McGlone, J. J. (2008): The welfare of growing-finishing pigs. In: Faucitano, L. & Schaefer, A. (Hrsg.): Welfare of pigs from birth to slaughter. Wageningen/ Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 133 - 159.
- Giuffra, E., Kijas, J. M. H., Amarger, V., Carlborg, Ö., Jeon, J.-T. & Andersson, L. (2000): The Origin of the Domestic Pig: Independent Domestication and Subsequent Introgression. *Genetics* **154**, 1785 - 1791.
- Graham, H. & Aman, P. (1991): Nutritional aspects of dietary fibre. *Animal Feed Science and Technology* **32**, 143 - 158.
- Graham, H., Hesselmann, K. & Aman, P. (1986): The Influence of Wheat Bran and Sugar-Beet Pulp on the Digestibility of Dietary Components in a Cereal-Based pig Diet. *Journal of Nutrition* **116**, 242 - 251.
- Grauvogl, A. (1984): Allgemeine Ethologie. In: Bogner H. & Grauvogl, A. (Hrsg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer. 27 - 60.
- Graves, H. B. (1984): Behavior and ecology of wild and feral swine (*Sus scrofa*). *Journal of Animal Science* **58:2**, 482 - 492.
- Guillemet, R., Dourmad, J. Y. & Meunier-Salaün, M. C. (2006): Feeding behavior in preparturient lactating sows: Impact of a high-fiber diet during pregnancy. *Journal of Animal Science* **84**, 2474 - 2481.

- Guillemet, R., Hamard, A., Quesnel, H., Père, M. C., Etienne, M., Dourmad, J. Y. & Meunier-Salaün, M. C. (2007): Dietary fibre for gestating sows: effects on parturition progress, behaviour, litter and sow performance. *Animal* **1:6**, 872 - 880.
- Heizmann, V., Schlichting, M. C., von Borrel, E., Ladewig, J. & Reisenbauer, K. (1994): Is straw enough to prevent behavioural disturbances in cages pigs? *Applied Animal Behaviour Science* **40**, 81.
- Hesse, D., Knierim, U., von Borell, E., Hermann, H.-J., Koch, L., Müller, C., Rauch, H.-W., Sachser, N. & Zerbe, F. (2000): Tiergerechtheit auf dem Prüfstand. Anforderungen an freiwillige Prüfverfahren gemäß §13a Tierschutzgesetz. DLG-Merkblatt 321. Frankfurt am Main, DLG-Verlags-GmbH.
- Hill, J. D., McGlone, J. J., Fullwood, S. D. & Miller, M. F. (1998): Environmental enrichment influences on pig behavior, performance and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* **57**, 51 - 68.
- Holt, J. P., Johnston, L. J., Baidoo, S. K. & Shurson, G. C. (2006): Effects of a high-fibre diet and frequent feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. *Journal of Animal Science* **84**, 946 - 955.
- Høøk Presto, M., Algers, B., Persson, E. & Andersson, H. K. (2009): Different roughages to organic growing/ finishing pigs - influence on activity behaviour and social interactions. *Livestock Science* **123**, 55 - 62.
- Hörning, B. (1999): Artgemäße Schweinehaltung. Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. *Ökologische Konzepte* 78, 4. unveränderte Auflage. Bad Dürkheim, Stiftung Ökologie und Landbau.
- Hötzel, M. J., Lopes, E. J. C., de Oliveira, P. A. V. & Guidon, A. L. (2009): Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. *Animal Welfare* **18**, 65 - 71.
- Hsia, L. C. & Wood-Gush, D. G. M. (1984): Social facilitation in the feeding behaviour of pigs and the effect of rank. *Applied Animal Ethology* **11**, 265 - 270.
- Hyun, Y., Ellis, M., McKeith, F. K. & Wilson, E. R. (1997): Feed Intake Patter of Group-housed Growing-Finishing Pigs monitored Using a Computerized Feed Intake Recording System. *Journal of Animal Science* **75**, 1443 - 1451.

- Immelmann, K. (1982): Wörterbuch der Verhaltensforschung. Berlin, Hamburg, Paul Parey Verlag.
- IUCN (2012): The International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species Version 2012.1. Lesedatum 19.06.2012, <http://www.iucnredlist.org>.
- Jeroch, H., Drochner, W. & Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Johnston, L. J., Noll, S., Renteria, A. & Shurson, J. (2003): Feeding By-Products High in Concentration of Fiber to Nonruminants. Proceedings of the 3rd National Alternative Feeds Symposium, Kansas City, 169 - 186.
- Jordan, D., Zgur, S., Gorjanc, G. & Stuhec, I. (2008): Straw or hay as environmental improvement and its effect on behaviour and production traits of fattening pigs. Archiv Tierzucht **51:6**, 549 - 559.
- Jorgensen, H., Zhao, X. Q. & Eggum, B. O. (1996): The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. British Journal of Nutrition **75**, 365 - 378.
- JRS (2011): ARBOCEL Lignocellulose-Rohfaserkonzentrat. J. Rettenmaier & Söhne GmbH & CO.KG (Hrsg.):
- Kare, M. R., Pond, W. C. & Campbell, J. (1965): Observations on the taste reactions in pigs. Animal Behaviour **13:2**, 265 - 269.
- Kelley, K. W., McGlone, J. J. & Gaskins, C. T. (1980): Porcine Aggression: Measurement and effects of crowding and fasting. Journal of Animal Science **50:2**, 336 - 341.
- Keppler, B. K. & Ding, A. (1997): Chemie für Biologen. Heidelberg, Berlin, Oxford, Spektrum Akademischer Verlag.
- Kirchgeßner, M., Roth, F. X., Schwarz, F. J. & Stangl, G. I. (2008): Tierernährung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 12., neu überarbeitete Auflage. Frankfurt am Main, DLG-Verlags-GmbH.
- Kittawornrat, A. & Zimmerman, J. J. (2011): Toward a better understanding of pig behavior and pig welfare. Animal Health Research Reviews **12:01**, 25 - 32.

- Knap, P. W. (2009): Voluntary feed intake and pig breeding. In: Torrallardona, D. & Roura, E. (Hrsg.): Voluntary feed intake in pigs. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. 13 - 35.
- Knierim, U. (1998): Wissenschaftliche Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der Tiergerechtheit. Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen. KTBL-Schrift 377, Darmstadt, KTBL. 40 - 50.
- Krötzl, H., Sciarra, C. & Troxler, J. (1994): Der Einfluß von Rauhfutterautomaten, Strohraufen und Nagebalken auf das Verhalten von Mastschweinen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1993. KTBL-Schrift 361, Darmstadt, KTBL. 181 - 191.
- Larson, G., Albarella, U., Dobney, K., Rowley-Conwy, P., Schibler, J., Tresset, A., Vigne, J.-D., Edwards, C. J., Schlumbaum, A., Dinu, A., Balacescu, A., Dolman, G., Tagliacozzo, A., Manaseryan, N., Miracle, P., van Wijngaarden-Bakker, L., Masseti, M., Bradley, D. G. & Cooper, A. (2007): Ancient DNA, pig domestication, and the spread of the Neolithic into Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences **104**: **39**, 15276 - 15281.
- Laube, R.-B. & Schulze, B. (1992): Erkundungsverhalten von Schlachtschweinen im sozialen Kontext bei der Haltung vor dem Schlachten. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1991. KTBL-Schrift 351, Darmstadt, KTBL. 188 - 198.
- Le Goff, G., van Milgen, J. & Noblet, J. (2002): Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. Animal Science **74**, 503 - 515.
- Lee, P. A. & Close, W. H. (1987): Bulky Feeds for Pigs: A Consideration of Some Non-Nutritional Aspects. Livestock Production Science **16**, 395 - 405.
- Lorz, A. (1987): Tierschutzgesetz – Kommentar. 3. Auflage. München, C. H. Beck.
- Marlett, J. A., McBurney, M. I. & Slavin, J. L. (2002): Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. ADA Reports **102**:**7**, 993 - 1000.
- Martens, H. (2012): Magenulcera beim Schwein: Struktur als Prophylaxe. Nutztierpraxis Aktuell **2012**, 134 - 136.

- Martens, H., Stumpff, F., Lodemann, U. & Etschmann, B. (2006): Stand und Perspektive der Tiergesundheit. In: H. Wilhelm Schaumann Stiftung (Hrsg.): Hülseberger Gespräche 2006: Fortschritte in Tierzucht und Tierhaltung. Hamburg, Dierk Heigener Druckerzeugnisse. 99 - 113.
- Martin, J. E. & Edwards, S. A. (1994): Feeding behavior of outdoor sows: the effect of diet quantity and type. *Applied Animal Behaviour Science* **44**, 63 - 74.
- Marx, D. (1991): Beurteilungskriterien für artgerechte Tierhaltung am Beispiel der Schweineaufzucht. *Bauen für die Landwirtschaft* **28:3**, 6 - 10.
- Mateos, G. G., Martin, F., Latorre, M. A., Vicente, B. & Lázaro, R. (2006): Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Animal Science* **82**, 57 - 63.
- McGlone, J.J. & Fullwood, S. D. (2001): Behavior, reproduction, and immunity of crated pregnant gilts: Effects of high dietary fiber and rearing environment. *Journal of Animal Science* **79**, 1466 - 1474.
- Meunier-Salaün, M. C., Edwards, S. A. & Robert, S. (2001): Effect of dietary fibre on the behaviour and health of the restricted fed sow. *Animal Feed Science and Technology* **90**, 53 - 69.
- Meyer, B., Hagelso, A. M. & Jeppersen, L. L. (1984): Effect of environment and rank order on agonistic behaviour in pigs.. In: Unshelm, J., van Putten, G. & Zeeb, K. (Hrsg.): Proceedings of the International Congress on Applied Animal Ethology in Farm Animals. Kiel Darmstadt, KTBL. 162 - 165.
- Meyer, E. (2002): Die Steuerung der 'freiwilligen Futteraufnahme' in der ad libitum Fütterung tragender Sauen als Schlüssel für die Praktikabilität des Verfahrens. *Infodienst 08/2002 Tierproduktion* 94 - 98.
- Minkus, D., Schütte, A., von Mickwitz, G. & Beutling, D. (2004): Lungengesundheit, Fleischleistung und Fleischreifung beim Schwein. Lungenschäden als Problemfälle in der Fleischuntersuchung. *Fleischwirtschaft* **84**, 110 - 113.
- Morgan, C. A., Deans, L. A., Lawrence, A. B. & Nielsen, B. L. (1998): The effects of straw bedding on the feeding and social behaviour of growing pigs fed by means of single-space feeders. *Applied Animal Behaviour Science* **58**, 23 - 33.

- Morgan, C. A., Emmans, G. C., Tolkamp, B. J. & Kyriazakis, I. (2000): Analysis of the feeding behavior of pigs using different models. *Physiology & Behavior* **68**, 395 - 403.
- Mormède, P. (2008): Assessment of pig welfare. In: Faucitano, L. & Schaefer, A. (Hrsg.): *Welfare of pigs from birth to slaughter*. Wageningen/ Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 33 - 64.
- Morrison, R. S., Hemsworth, P. H., Cronin, G. M. & Campbell, R. G. (2003): The social and feeding behaviour of growing pigs in deep-litter, large group housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* **82**, 173-188.
- Naguib, M. (2006): *Methoden der Verhaltensbiologie*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Nicol, C. J., Badnell-Waters, A. J., Bice, R., Kelland, A., Wilson, A. D. & Harris, P. A. (2005): The effects of diet and weaning method on the behaviour of young horses. *Applied Animal Behaviour Science* **95**, 205 - 221.
- Noblet, J. & Le Goff, G. (2001): Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology* **90**, 35 - 52.
- Nultsch, W. (2001): *Allgemeine Botanik*. 11., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- Peeters, E., Driessen, B., Moons, C. P. H., Ödberg, F. & Geers, R. (2006): Effect of temporary straw bedding on pigs' behaviour, performance, cortisol and meal quality. *Applied Animal Behaviour Science* **98**, 234 - 248.
- Peitz, B. & Peitz, L. (2007): *Schweine halten*. 3. Auflage. Stuttgart, Eugen Ulmer KG.
- Pond, W. G., Lowrey, R. S. & Maner, J. H. (1962): Effect of crude fibre level on ration digestibility and performance in growing-finishing swine. *Journal of Animal Science* **21**, 692 - 696.
- Porzig, E. & Sambras, H. H. (1991): *Nahrungsaufnahme landwirtschaftlicher Nutztiere*. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Powley, J. S., Cheeke, P. R., England, D. C. Davidson, T. P. & Kennick, W. H. (1981): Performance of growing-finishing swine fed high levels of alfalfa meal: Effects of alfalfa level, dietary additives and antibiotics. *Journal of Animal Science* **53**, 308 - 316.

- Quesnel, H., Meunier-Salaün, M.-C., Hamard, A., Guillemet, R., Etienne, M., Farmer, C., Dourmad, J.-Y. & Père, M.-C. (2009): Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *Journal of Animal Science* **87**, 532-543.
- Quiniou, N., Dubois, S. & Noblet, J. (2000): Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livestock Production Science* **63**, 245 - 253.
- Ramonet, Y., Meunier-Salaün, M. C. & Dourmad, J. Y. (1999): High-Fiber Diets in Pregnant Sows: Digestive Utilization and Effects on the Behavior of the Animals. *Journal of Animal Science* **77**, 591-599.
- Renaudeau, D., Weisbecker, J.-L. & Noblet, J. (2003): Effect of season and dietary fibre on feeding behaviour of lactating sows in a tropical climate. *Animal Science* **77**, 429 - 437.
- Robert, S., Matte, J. J., Farmer, C., Girard, C. L. & Martineau, G. P. (1993): High-fibre diets for sows: effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Applied Animal Behaviour Science* **37**, 297 - 309.
- Robert, S., Rushen, J. & Farmer, C. (1997): Both energy content and bulk of food affect stereotypic behaviour, heart rate and feeding motivation of female pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **54**, 161 - 171.
- Robert, S., Bergeron, R., Farmer, C. & Meunier-Salaün, M. C. (2002): Does the number of daily meals affect feeding motivation and behaviour of gilts fed high-fibre diets? *Applied Animal Behaviour Science* **76**, 105 - 117.
- Rodríguez-Estévez, V., García, A., Pena, A. & Gómez, A. G. (2009): Foraging of Iberian fattening pigs grazing natural pasture in the dehesa. *Livestock Science* **120**, 135 - 143.
- Rus, Mihaiela Alexandrina (2010): Entwicklung einer Methode zur Bewertung des Präferenzverhaltens von Mastschweinen am Beispiel der Fußbodengestaltung. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin

- Sambras, H. H. (1978): Allgemeine Ethologie. In: Sambras, H. H. (Hrsg.): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftliche Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey. 15 – 20, 31 - 39.
- Sambras, H. H. (1982): Ethologische Grundlagen einer tiergerechten Nutztierhaltung. In: Fölsch, D. W. & Nabholz, A. (Hrsg.): Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung. Tierhaltung Band 13, Basel, Birkhäuser. 23 - 41.
- Sambras, H. H. (1992): Ursachen und Auslöser von Verhaltensstörungen. Aktuelle Arbeiten zur Artgemäßen Tierhaltung 1991. KTBL-Schrift 351, Darmstadt, KTBL. 18 - 26.
- Schedle, K., Pfaffl, M. & Windisch, W. (2006): Modellversuch an Absetzferkeln zur Wirkung von Rohfaser auf die zootechnische Leistung und die Expression des inflammatorischen Markergens TNF α im Gastrointestinaltrakt. In: Etle, T., Kraft, M. & Windisch, W. (Hrsg.): 5. BOKU-Symposium Tierernährung Qualitätsmindernde Futterinhaltsstoffe: Bedeutung - Vermeidung - Kontrolle. Tagungsband. Wien, 164- 168.
- Schermerhorn, J. R. Jr., Hunt, J. G. & Osborn, R. N. (1997): Organizational Behavior. 6. Auflage. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Schmidt, M. (1982): Abnormal oral behaviour in pigs. In: Bessei, W. (Hrsg.): Disturbed behaviour in farm animals. Hohenheimer Arbeiten Band 121, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer. 115 - 134.
- Schmitten, F. (1989): Schweinezucht. In: Schmitten, F., Burgstaller, G., Hammer, K., Matzke, P., Mittrach, B. & Schmid, W. (Hrsg.): Handbuch Schweineproduktion. 3., vollkommen überarbeitete und erweiterte Auflage. Frankfurt am Main, DLG-Verlags-GmbH. 21 - 112.
- Scott, K., Taylor, L., Gill, B. P. & Edwards, S. A. (2006): Influence of different types of environmental enrichment on the behaviour of finishing pigs in two different housing systems 1. Hanging toy versus rootable substrate. Applied Animal Behaviour Science **99**, 222 - 229.

- Scott, K., Taylor, L., Gill, B. P. & Edwards, S. A. (2007): Influence of different types of environmental enrichment on the behaviour of finishing pigs in two different housing systems 2. Ratio of pigs to enrichment. *Applied Animal Behaviour Science* **105**, 51 - 58.
- Skinner, B. F. (1938): *The behavior of organisms: an experimental analysis*. New York, Appleton-Century-Crofts.
- Slater, P. J. B. & Lester, N. P. (1982): Minimising errors in splitting behaviour into bouts. *Behaviour* **79**, 153 - 161.
- Spoolder, H. A. M., Burbidge, A., Edwards, S. A., Simmins, P. H. & Lawrence, A. B. (1995): Provision of straw as a foraging substrate reduces the development of excessive chain and bar manipulation in food restricted sows. *Applied Animal Behaviour Science* **43**, 249 - 262.
- Sripromma, J. (1984): Einfluss der Fütterungsintensität und der Körpermasse auf die Schlachtqualität beim Schwein. Dissertation. Universität Hohenheim
- Stanogias, G. & Pearce, G. R. (1985): The digestion of fibre by pigs 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British Journal of Nutrition* **53**, 513 - 530.
- Stern, S. & Andresen, N. (2003): Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on pasture. *Livestock Production Science* **79**, 257 - 265.
- Stewart, C. L., Boyle, L. A. & O'Connell, N. E. (2011): The effect of increasing dietary fibre and the provision of straw racks on the welfare of sows housed in small static groups. *Animal Welfare* **20**, 633 - 640.
- Stolba, A., Baker, N. & Wood-Gush, D. G. M. (1983): The characterization of stereotyped behaviour in stalled sows by informational redundancy. *Behaviour* **87**, 157 - 182.
- Studnitz, M., Jensen, M. B. & Pedersen, L. J. (2007): Why do pigs root and what will they root? A review on exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Applied Animal Behaviour Science* **107**, 183 - 197.
- Tembrock, G. (1982): *Spezielle Verhaltensbiologie der Tiere*. Jena, Fischer.

- Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2006): TierSchNutzV. Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zu Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung. Bundesgesetzblatt I S. 2043 vom 31. August 2006.
- Tolkamp, B. J., Allcroft, D. J., Austin, E. J., Nielsen, B. L. & Kyriazakis, I. (1998): Satiety Splits Feeding Behaviour into Bouts. *Journal of Theoretical Biology* **194**, 235 - 250.
- Troxler, J. (2002): Praktische Beispiele zur Umsetzung der EU-Schweinehaltungsrichtlinie. Gumpensteiner Nutztierschutztagung. Irding, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. 43 - 46.
- Tschanz, B. (1985): Ethologie und Tierschutz. In: von Loeper, E., Martin, G., Müller, J., Nabholz, A., van Putten, G., Sambras, H. H., Teutsche, G. M., Troxler, J. & Tschanz, B. (Hrsg.): Intensivhaltung von Nutztieren aus ethischer, ethologischer und rechtlicher Sicht. Tierhaltung Band 15, Basel, Birkhäuser. 41 - 48.
- Tschanz, B. (1987): Bedarfsdeckung und Schadensvermeidung - ein ethologisches Konzept. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1986. KTBL-Schrift 319, Darmstadt, KTBL. 9 - 17.
- Tuytens, F. A. M. (2005): The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Applied Animal Behaviour Science* **92**, 261 - 282.
- van den Brand, H., Verstegen, M. W. A. & van der Poel, A. F. B. (2007): Pelleting of diet ingredients: Diet selection and performance in choice-fed growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* **138**, 169 - 177.
- van Putten, G. (1978): Schwein. In: Sambras, H. H. (Hrsg.): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey. 168 - 213.
- van Putten, G. (1982): Zum Messen von Wohlbefinden bei Nutztieren. In: Fölsch, D. W. & Nabholz, A. (Hrsg.): Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung. Tierhaltung Band 13, Basel, Birkhäuser. 78 - 95.
- von Zerboni, H. N. & Grauvogl, A. (1984): Spezielle Ethologie: Schwein. In: Bogner H. & Grauvogl, A. (Hrsg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer. 246 - 297.

- Wagener, C. (1981): Der Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensität in Anfangs- und Endmast auf Mastleistung und Schlachtkörperwert beim Schwein. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen
- Weber, M., Schulze, U., Stenzel, P., Grimmer, A., Gieschler, U. & Gieschler, L. (2007): In: Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Einsatz eines cellulosehaltigen Rohfaserkonzentrats in der Ferkelfütterung.
- Wechsler, B. (1992): Zur Genese von Verhaltensstörungen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1991. KTBL-Schrift 351, Darmstadt, KTBL. 9 - 17.
- Wechsler, B. (1997): Schwein. In: Sambraus, H. H. & Steiger, A. (Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag. 173 - 185.
- Wehner, R. & Gehring, W. (1995): Zoologie 23. neu bearbeitete Auflage. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- Weiler, U. (1995): Wachstum und Wachstumsregulation beim Schwein. Habilitationsschrift. Universität Hohenheim
- Wenk, C. (2001): The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Animal Feed Science and Technology **90**, 2 - 33.
- Whittaker, X., Edwards, S. A., Spooler, H. A. M., Lawrence, A. B. & Corning, S. (1999): Effects of straw bedding and high fibre diets on the behaviour of floor fed group-housed sows. Applied Animal Behaviour Science **63**, 25 - 39.
- Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, P. H., van Milgen, J. & Noblet, J. (2007): Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber. Journal of Animal Science **85**, 976 - 983.
- Wood-Gush, D. G. M. & Vestergaard, K. (1991): The seeking of novelty and its relation to play. Animal Behaviour **42**, 599 - 606.
- Young, R. J., Carruthers, J. & Lawrence, A. B. (1994): The effect of a foraging device (The 'Edinburgh Football') on the behaviour of pigs. Applied Animal Behaviour Science **39**, 237 - 247.
- Zeeb, K. (1990): Ethologische Grundlagen im Zusammenhang mit der Haltungstechnik. Deutsche tierärztliche Wochenschrift **97**, 91 - 93.

Zoiopoulos, P., E. (1989): Effects of feeding high fibre feeds to pigs. In: Aumaitre, A. (Hrsg.): The production of pig meat in Mediterranean Countries. Paris, CIHEAM. 147 - 150.

10 Anhang

Anhang 1: Statistische Kennwerte der Mahlzeitenanzahl.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	219	272
	MW	7,01	6,62	5,85	4,89
	Md	7	6	6	5
	Min	4	2	2	1
	Max	12	11	10	10
	SD	1,55	1,71	1,52	1,51
GK 50-80 kg	n	371	362	420	466
	MW	5,87	5,71	4,59	4,48
	Md	6	6	5	4
	Min	3	2	1	1
	Max	10	12	10	9
	SD	1,37	1,77	1,49	1,36
GK > 80 kg	n	319	235	367	344
	MW	5,50	6,03	3,68	3,51
	Md	5	6	4	3
	Min	2	2	1	1
	Max	9	11	8	10
	SD	1,51	1,59	1,21	1,37

Anhang 2: Statistische Kennwerte der Fressdauer pro Mahlzeit in Minuten.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	219	272
	MW	10,03	11,85	13,29	15,49
	Md	9,53	10,94	12,17	14,68
	Min	4,68	4,20	6,25	0,77
	Max	28,55	34,98	39,68	38,93
	SD	2,914	4,474	4,956	5,179
GK 50-80 kg	n	371	362	420	466
	MW	10,54	10,88	17,06	17,49
	Md	10,03	10,05	15,94	15,89
	Min	3,81	3,87	3,41	1,74
	Max	26,62	32,80	47,67	62,99
	SD	3,436	4,407	7,209	7,392
GK > 80 kg	n	319	235	367	344
	MW	10,93	10,26	17,51	23,94
	Md	10,28	9,85	16,41	21,66
	Min	4,57	4,62	0,05	2,20
	Max	33,35	34,04	54,97	71,86
	SD	3,938	3,576	7,191	11,116

Anhang 3: Statistische Kennwerte der Fressdauer pro Tag in Minuten.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	219	272
	MW	67,69	74,39	72,77	71,69
	Md	66,47	72,22	69,52	70,15
	Min	28,80	31,40	34,05	0,77
	Max	128,58	166,35	135,52	132,15
	SD	15,13	23,21	17,33	21,81
GK 50-80 kg	n	371	362	420	467
	MW	58,43	58,22	71,03	73,92
	Md	56,73	56,47	72,95	70,60
	Min	24,40	26,13	20,47	3,48
	Max	87,78	152,27	172,70	153,12
	SD	12,38	20,34	20,41	26,87
GK > 80 kg	n	319	235	367	344
	MW	55,76	58,74	60,62	77,58
	Md	54,87	58,44	59,32	74,12
	Min	29,43	25,08	0,05	8,78
	Max	86,72	102,12	128,35	208,42
	SD	11,32	15,74	19,96	32,69

Anhang 4: Statistische Kennwerte der Fressrate in g/ min.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	217	269
	MW	28,67	25,44	27,94	24,59
	Md	28,63	23,91	28,05	24,17
	Min	12,81	7,57	0,45	0,84
	Max	59,03	56,11	51,47	81,41
	SD	8,24	9,71	6,99	7,07
GK 50-80 kg	n	371	362	415	460
	MW	51,71	49,31	38,96	36,61
	Md	48,58	48,21	36,71	35,64
	Min	29,84	15,43	0,61	5,85
	Max	106,53	90,30	138,60	132,66
	SD	14,51	13,34	16,55	14,65
GK > 80 kg	n	319	235	367	341
	MW	65,83	63,75	52,75	43,31
	Md	63,55	62,68	50,98	43,72
	Min	36,71	32,74	7,67	11,91
	Max	116,21	109,92	600,00	135,48
	SD	13,32	16,79	32,43	12,42

Anhang 5: Statistische Kennwerte der Futteraufnahme pro Mahlzeit in g.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	219	272
	MW	280,1	280,0	374,5	382,4
	Md	274	269	350	360
	Min	110	80	110	10
	Max	570	620	1090	1070
	SD	92,3	97,7	141,6	155,2
GK 50-80 kg	n	371	362	420	466
	MW	521,7	502,4	654,1	622,0
	Md	493	472	604	577
	Min	210	220	90	20
	Max	1320	1280	1760	2040
	SD	159,7	163,7	279,1	258,4
GK > 80 kg	n	319	235	367	344
	MW	700,0	627,5	926,7	998,8
	Md	652	611	867	920
	Min	320	290	20	260
	Max	2050	1530	2550	3100
	SD	233,6	195,8	364,4	441,1

Anhang 6: Statistische Kennwerte der Futteraufnahme pro Tag in g.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	217	269
	MW	1887,5	1753,8	1992,4	1742,7
	Md	1940	1770	2020	1760
	Min	630	400	50	10
	Max	2960	2970	3430	5210
	SD	494,3	483,8	519,4	606,4
GK 50-80 kg	n	371	362	415	460
	MW	2898,6	2666,2	2642,7	2561,2
	Md	2890	2690	2540	2450
	Min	1320	1520	40	30
	Max	5430	4140	8250	10570
	SD	538,2	549,1	1067,1	1151,3
GK > 80 kg	n	319	235	367	341
	MW	3578,4	3535,1	2991,3	3125,5
	Md	3550	3595	3070	3270
	Min	1890	1700	20	520
	Max	5230	5360	5600	7130
	SD	603,4	584,1	975,2	978,5

Anhang 7: Statistische Kennwerte der täglichen Energieaufnahme in MJ ME.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	217	269
	MW	23,78	20,91	25,10	20,18
	Md	24,44	21,09	25,45	20,38
	Min	7,94	4,77	0,63	0,12
	Max	37,30	35,40	43,22	60,33
	SD	6,23	5,77	6,54	7,02
GK 50-80 kg	n	371	354	415	460
	MW	36,52	32,27	33,29	29,66
	Md	36,41	32,06	32,00	28,37
	Min	16,63	18,12	0,50	0,35
	Max	68,42	49,35	103,95	122,40
	SD	6,78	5,70	13,44	13,33
GK > 80 kg	n	319	232	367	341
	MW	45,09	42,32	37,69	36,19
	Md	44,73	42,85	38,68	37,87
	Min	23,81	20,26	0,25	6,02
	Max	65,90	63,89	70,56	82,57
	SD	7,60	6,81	12,29	11,33

Anhang 8: Statistische Kennwerte der täglichen Rohfaseraufnahme in g.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	217	269
	MW	97,77	128,56	103,21	146,21
	Md	100,49	129,74	104,64	147,66
	Min	32,63	29,32	2,59	0,84
	Max	153,33	217,70	177,67	437,12
	SD	25,6033	35,46	26,91	50,88
GK 50-80 kg	n	371	354	415	460
	MW	150,15	198,47	136,89	214,89
	Md	149,70	197,18	131,57	205,55
	Min	68,38	111,42	2,07	2,52
	Max	281,27	303,46	427,35	886,82
	SD	27,88	35,07	55,28	96,59
GK > 80 kg	n	319	232	367	341
	MW	185,36	260,24	154,95	262,23
	Md	183,89	263,51	159,03	274,35
	Min	97,90	124,61	1,04	43,63
	Max	270,91	392,89	290,08	598,21
	SD	31,25	41,90	50,52	82,09

Anhang 9: Anteil der aktiven Zeit am Beobachtungszeitraum in %, Einzeltierwerte.

Beobachtungs- zeitraum	Tier	MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
1 (Woche 3)	1	26,6	20,5	21,4	30,4
	2	20,6	23,6	17,0	23,0
	3	24,5	21,2	45,2	24,2
	4	21,9	0,0	19,9	34,4
2 (Woche 6)	1	11,2	18,6	11,2	29,6
	2	17,2	25,4	4,2	11,0
	3	32,8	15,6	15,8	10,9
	4	19,8	24,5	18,9	27,4
3 (Woche 9)	1	11,1	11,7	14,1	25,0
	2	10,9	9,7	20,2	22,1
	3	15,7	11,1	4,6	22,4
	4	10,7	7,2	21,1	24,3
4 (Woche 12/ 13)	1	10,2	15,8	14,9	18,8
	2	7,8	15,8	26,2	27,5
	3	8,7	10,7	27,7	23,3
	4	15,8	10,3	21,0	42,9

Anhang 10: Anteil der passiven Zeit am Beobachtungszeitraum in %, Einzeltierwerte.

Beobachtungs- zeitraum	Tier	MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
1 (Woche 3)	1	73,4	79,4	73,2	69,6
	2	79,4	76,4	83,0	76,9
	3	75,5	78,7	54,1	75,8
	4	78,1	99,9	80,1	65,6
2 (Woche 6)	1	88,7	81,3	87,3	69,4
	2	82,7	74,6	43,5	89,0
	3	67,1	84,3	50,5	87,1
	4	80,2	75,4	76,6	71,7
3 (Woche 9)	1	87,4	88,3	85,9	75,0
	2	88,4	90,3	79,3	77,7
	3	84,3	88,9	95,4	76,3
	4	89,2	92,8	78,9	73,3
4 (Woche 12/ 13)	1	89,7	84,1	85,1	81,2
	2	92,1	84,1	73,8	72,5
	3	91,2	89,3	72,3	76,7
	4	84,1	89,7	79,0	57,1

Anhang 11: Anteil der Ruhe im Innenbereich am Beobachtungszeitraum in %, Einzeltierwerte.

Beobachtungs- zeitraum	Tier	MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
1 (Woche 3)	1	46,1	77,6	0,0	0,0
	2	75,1	64,5	72,8	72,1
	3	57,1	78,1	46,8	0,0
	4	72,3	99,9	34,7	0,2
2 (Woche 6)	1	86,8	81,3	6,3	0,0
	2	82,7	74,6	31,1	83,4
	3	67,1	84,3	30,5	58,7
	4	75,0	75,4	8,1	1,9
3 (Woche 9)	1	39,5	64,8	82,4	0,0
	2	37,4	45,6	74,1	58,8
	3	31,5	38,1	89,3	76,3
	4	15,6	72,9	78,5	0,2
4 (Woche 12/ 13)	1	53,2	75,0	84,7	81,2
	2	59,8	62,1	67,5	72,5
	3	53,9	26,4	62,0	76,7
	4	29,6	42,9	79,0	0,0

Anhang 12: Anteil der Ruhe im Außenbereich am Beobachtungszeitraum in %, Einzeltierwerte.

Beobachtungs- zeitraum	Tier	MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
1 (Woche 3)	1	27,2	1,8	73,2	69,6
	2	4,3	11,9	10,3	4,9
	3	18,4	0,6	7,2	75,8
	4	5,7	0,0	45,3	65,3
2 (Woche 6)	1	1,9	0,0	81,0	69,4
	2	0,1	0,0	12,4	5,7
	3	0,0	0,1	20,0	28,4
	4	5,2	0,0	68,5	69,9
3 (Woche 9)	1	47,9	23,4	3,5	75,0
	2	50,9	44,7	5,2	19,0
	3	52,8	50,7	6,1	0,0
	4	73,6	19,9	0,3	73,1
4 (Woche 12/ 13)	1	36,5	9,1	0,5	0,0
	2	32,4	22,1	6,3	0,0
	3	37,3	62,9	10,3	0,0
	4	54,6	46,7	0,0	57,1

Anhang 13: Statistische Kennwerte des Erkundungsanteils am Aufenthalt im Innenbereich in %.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	401	375	90	112
	MW	4,84	5,25	10,15	10,87
	Md	0,89	0,21	4,45	2,97
	Min	0	0	0	0
	Max	100	100	100	100
	SD	17,05	17,68	22,29	25,43
GK 50-80 kg	n	364	334	274	302
	MW	8,76	2,27	6,37	16,85
	Md	1,08	0,13	2,05	2,43
	Min	0	0	0	0
	Max	100	100	100	100
	SD	24,73	10,94	18,15	32,86
GK > 80 kg	n	284	198	366	317
	MW	8,26	8,11	2,03	6,31
	Md	0,15	0	1,07	1,64
	Min	0	0	0	0
	Max	100	100	50,59	100
	SD	23,40	23,04	3,64	17,77

Anhang 14: Statistische Kennwerte der täglichen Erkennungsereignisse im gesamten Versuchszeitraum.

	MF-Versuch		HF-Versuch	
	Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
n	1102	999	943	994
MW	18,25	17,98	17,31	15,68
Md	16	16	17	14
Min	1	1	1	1
Max	90	100	113	85
SD	10,20	10,65	11,78	11,13

Anhang 15: Statistische Kennwerte der täglichen Erkennungsergebnisse nach Gewichtsklasse.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	413	411	187	228
	MW	24,07	21,39	15,20	13,30
	Md	23	19	9	11
	Min	4	1	1	1
	Max	90	100	77	85
	SD	10,81	11,88	14,24	11,43
GK 50-80 kg	n	371	362	389	429
	MW	17,51	16,82	15,50	14,98
	Md	16	16	16	14
	Min	5	2	1	1
	Max	52	60	47	50
	SD	7,94	9,21	9,81	10,24
GK > 80 kg	n	318	226	367	337
	MW	11,56	13,65	20,31	18,20
	Md	10	13	18	15
	Min	1	1	1	1
	Max	46	39	113	84
	SD	6,81	8,23	11,72	11,56

Anhang 16: Statistische Kennwerte des Anteils von „Erkundung“ an der beobachteten Zeit in %.

MF-Versuch		HF-Versuch	
Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
6,39	6,64	8,83	5,76
4,96	5,96	5,27	15,25
10,01	4,72	3,79	4,79
4,31	5,91	5,66	11,52

Anhang 17: Statistische Kennwerte des Anteils von „Bekauen von Artgenossen“ an der beobachteten Zeit in %.

MF-Versuch		HF-Versuch	
Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
0,16	0,34	0,33	0,42
0,95	0,26	0,46	0,63
0,46	0,16	0,49	0,23
0,19	0,34	0,69	0,29

Anhang 18: Statistische Kennwerte des Anteils von „Bedrängen von Artgenossen am FA“ an der beobachteten Zeit in %.

MF-Versuch		HF-Versuch	
Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
0,40	1,15	0,34	1,04
0,40	0,64	0,49	0,45
0,95	1,79	0,73	0,91
1,09	1,54	0,28	2,36

Anhang 19: Statistische Kennwerte des Anteils von „Kampf“ an der beobachteten Zeit in %.

MF-Versuch		HF-Versuch	
Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
0,05	0,12	0,31	0,10
0,29	0,03	0,12	0,16
0,29	0,18	0,20	0,13
0,09	0,04	0,24	0,08

Anhang 20: Statistische Kennwerte der täglichen Anzahl an Pendelbewegungen.

		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe
beide Zeiträume	n	16	16
	MW	3175	1742
	Md	2931	1718
	Min	992	1021
	Max	6948	2697
	SD	1596	521
nur erster Zeitraum	n	8	8
	MW	3439	1622
	Md	3712	1664
	Min	1688	1021
	Max	5197	2196
	SD	1379	433
nur zweiter Zeitraum	n	8	8
	MW	2911	1863
	Md	2401	1767
	Min	992	1073
	Max	6948	2697
	SD	1843	601

Anhang 21: Statistische Kennwerte des Lebendgewichts in kg.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
	n	12	11	12	13
Versuchstag 0	MW	23,4	22,6	39,8	40,4
	Min	21,0	16,5	33,0	34,0
	Max	28,0	27,5	47,0	48,0
	SD	2,1	3,1	4,1	4,4
Versuchstag 7	MW	26,7	26,6	44,3	42,9
	Min	20,5	18,5	39,5	34,0
	Max	31,0	30,5	53,0	51,0
	SD	3,2	3,3	4,3	5,0
Versuchstag 14	MW	30,3	30,0	49,4	47,3
	Min	24,5	22,5	44,0	37,5
	Max	37,0	35,0	59,0	57,5
	SD	3,8	3,5	4,3	5,9
Versuchstag 21	MW	36,0	35,0	53,3	50,3
	Min	27,0	26,0	48,0	40,0
	Max	44,0	39,5	64,0	59,5
	SD	4,8	3,9	4,9	5,8
Versuchstag 28	MW	41,5	40,5	60,3	57,5
	Min	31,0	31,0	55,0	45,5
	Max	51,0	47,0	70,0	69,0
	SD	5,6	4,5	5,0	7,0
Versuchstag 35	MW	47,2	45,5	66,2	64,1
	Min	34,0	36,0	59,5	50,0
	Max	58,5	53,0	77,0	77,5
	SD	6,7	4,9	5,2	7,6
Versuchstag 42	MW	52,4	49,8	73,0	69,5
	Min	38,0	38,0	67,0	54,5
	Max	65,5	58,0	85,5	83,5
	SD	7,7	5,9	5,7	8,0
Versuchstag 49	MW	60,2	56,4	79,8	76,5
	Min	46,5	40,0	73,5	61,0
	Max	74,0	67,5	92,5	93,5
	SD	8,1	8,2	5,8	8,8
Versuchstag 56	MW	67,9	63,9	86,0	81,1
	Min	55,0	49,0	79,5	60,0
	Max	81,5	74,0	101,5	95,5
	SD	8,4	8,1	6,6	9,4
Versuchstag 63	MW	74,4	69,3	91,6	86,2
	Min	59,0	54,0	80,5	63,5
	Max	88,0	82,5	107,5	100,5
	SD	9,4	8,9	7,1	9,6
Versuchstag 70	MW	79,9	73,6	97,4	91,1
	Min	64,5	59,5	83,5	65,0
	Max	93,0	86,5	111,5	107,0
	SD	9,1	8,5	8,1	11,0

Versuchstag 77	MW	85,8	79,8	103,3	97,2
	Min	69,0	64,5	87,0	68,5
	Max	98,0	93,0	118,5	115,0
	SD	9,3	9,2	8,5	12,4
Versuchstag 84	MW	96,4	90,5	108,1	98,9
	Min	80,5	72,0	90,5	68,5
	Max	109,0	105,5	124,5	116,5
	SD	9,2	10,3	10,0	13,8
Versuchstag 91	MW	103,3	96,4		
	Min	88,5	80,0		
	Max	118,0	111,0		
	SD	9,7	10,0		
Versuchstag 98	MW	109,1	103,2		
	Min	95,5	87,5		
	Max	123,5	119,5		
	SD	9,3	9,8		

Anhang 22: Statistische Kennwerte der täglichen Lebendmassezunahme in g.

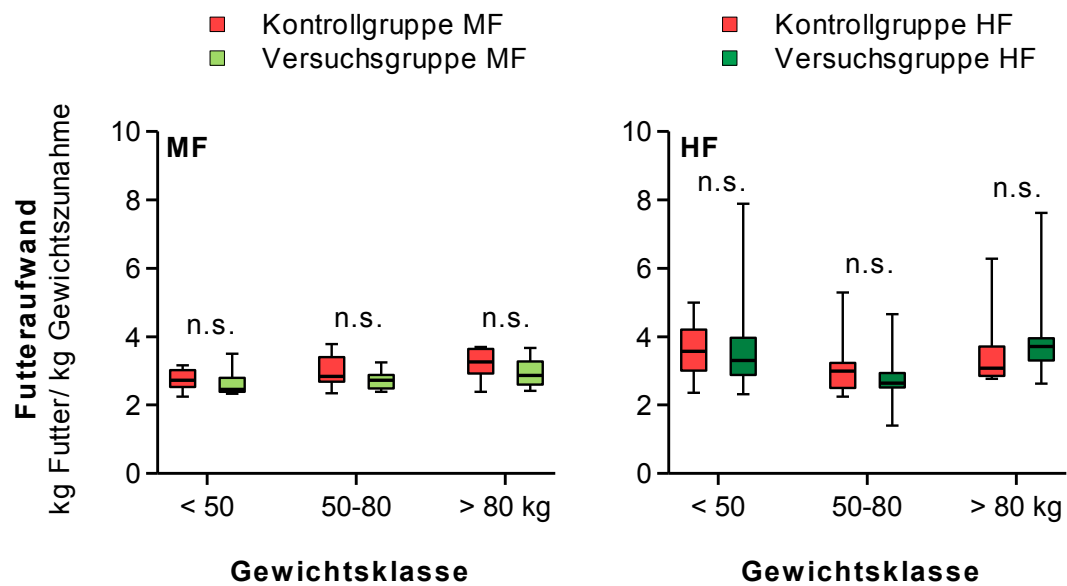
		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	417	416	219	272
	MW	736,6	659,7	678,4	543,9
	Md	714,3	714,3	714,3	571,4
	Min	140	-360	210	-140
	Max	1210	1130	1070	1140
	SD	222,4	258,1	215,6	277,9
GK 50-80 kg	n	341	362	420	467
	MW	995,4	890,1	891,8	799,9
	Md	1000	8333,3	857,1	857,1
	Min	500	0	500	-140
	Max	1640	1640	1360	1500
	SD	2624,5	278,3	223,6	325,69
GK > 80 kg	n	319	235	368	344
	MW	1017,9	1067,4	801,6	685,8
	Md	928,6	1071,4	821,4	785,7
	Min	500	0	-1000	-1000
	Max	1790	2640	1664	1500
	SD	370,9	481,2	432,2	461,1

Anhang 23: Statistische Kennwerte des Futteraufwands (inkl. Lignocellulose) in kg Futter/ kg LMZ.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	12	11	12	13
	MW	2,75	2,83	3,61	4,12
	Md	2,72	2,61	3,57	3,74
	Min	2,24	2,48	2,36	2,54
	Max	3,15	3,72	5,00	8,67
	SD	0,28	0,37	0,81	1,56
GK 50-80 kg	n	12	11	12	13
	MW	2,99	2,92	3,05	3,02
	Md	2,83	2,91	2,99	2,94
	Min	2,34	2,53	2,24	1,53
	Max	3,78	3,45	5,29	5,11
	SD	0,44	0,30	0,79	0,83
GK > 80 kg	n	12	11	12	13
	MW	3,22	3,19	3,45	4,51
	Md	3,26	3,06	3,08	4,08
	Min	2,39	2,57	2,77	2,89
	Max	3,70	3,90	6,29	8,37
	SD	0,42	0,45	0,97	1,58

Anhang 24: Statistische Kennwerte des Futteraufwands (ohne Lignocellulose) in kg Futter/ kg LMZ.

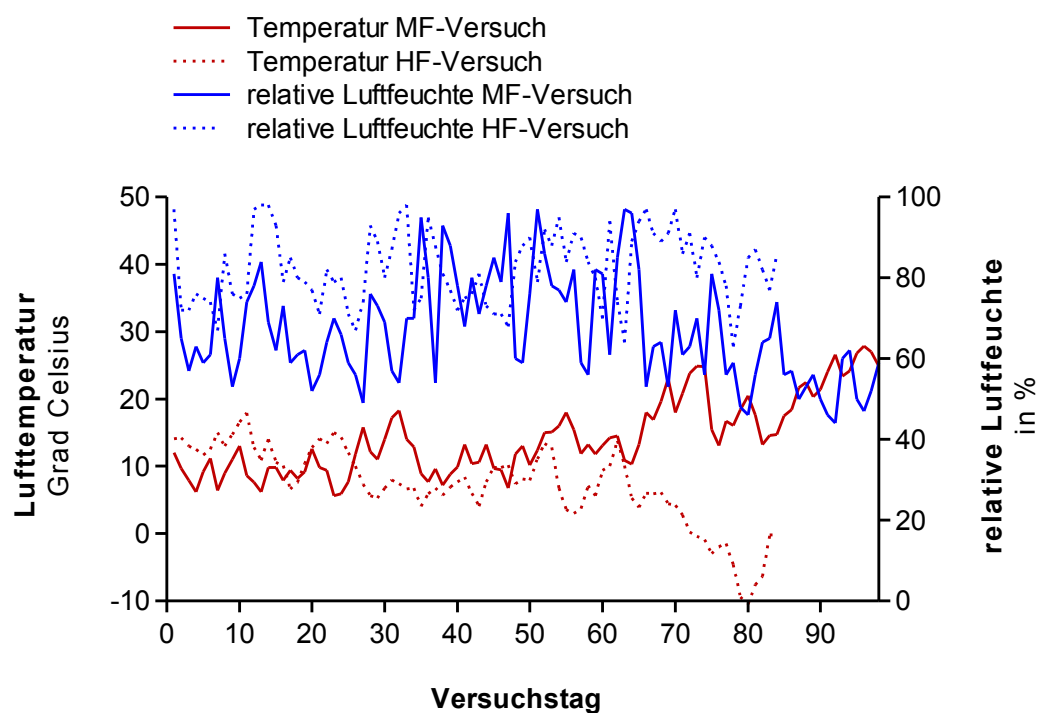
		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
GK < 50 kg	n	12	11	12	13
	MW	2,75	2,66	3,61	3,75
	Md	2,72	2,46	3,57	3,40
	Min	2,24	2,33	2,36	2,31
	Max	3,15	3,49	5,00	7,89
	SD	0,28	0,35	0,81	1,42
GK 50-80 kg	n	12	11	12	13
	MW	2,99	2,75	3,05	2,75
	Md	2,83	2,74	2,99	2,68
	Min	2,34	2,38	2,24	1,40
	Max	3,78	3,24	5,29	4,65
	SD	0,44	0,28	0,79	0,76
GK > 80 kg	n	12	11	12	13
	MW	3,22	2,99	3,45	4,10
	Md	3,26	2,87	3,08	3,72
	Min	2,39	2,41	2,77	2,63
	Max	3,70	3,67	6,29	7,62
	SD	0,42	0,43	0,97	1,44



Anhang 25: Futtermittelverbrauch (ohne Lignocelluloseanteil) der drei Gewichtsklassen der Kontroll- und Versuchsgruppe im MF-Versuch und im HF-Versuch.

Anhang 26: Statistische Kennwerte von Schlachtkörpergewicht, Muskelfleischanteil und Schlachtkörpererlös.

		MF-Versuch		HF-Versuch	
		Kontrolle	Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuchsgruppe
	n	12	11	12	13
Schlachtkörpergewicht in kg	MW	85,72	82,13	84,45	80,85
	Md	86,35	82,90	87,35	85,10
	Min	77,20	72,40	73,40	90,50
	Max	94,20	90,70	92,30	50,30
	SD	5,53	5,17	6,19	11,72
Muskelfleischanteil in %	MW	52,6	55,8	56,2	56,6
	Md	53,3	55,9	56,3	55,7
	Min	48,0	52,0	52,0	53,0
	Max	57,0	59,0	61,0	62,0
	SD	3,24	1,92	2,26	2,89
Schlachtkörpererlös in €	MW	111,62	112,83	122,63	109,44
	Md	115,93	117,72	128,18	123,84
	Min	81,06	86,88	100,58	30,18
	Max	136,90	131,52	134,22	133,21
	SD	19,44	14,09	12,62	30,24



Anhang 27: Tagesmittel der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte am Standort Dahlem.
Quelle: Agrarklimatologie der Humboldt-Universität zu Berlin.

Danksagung

Mein Dank gilt insbesondere Herrn Prof. Kaufmann für die Bereitstellung des Themas und die umfangreiche Betreuung sowie den Mitarbeitern des Fachgebiets Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik und der Lehr- und Forschungsstation Tiere des Departments für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften an der Humboldt-Universität zu Berlin, und all denen Personen, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Berlin, den 27. November 2012